

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

FACULTAD DE MEDICINA HUMANA

UNIDAD DE POSGRADO

**“CAPACIDAD VENTILATORIA FORZADA
EN TRABAJADORES DE UNA EMPRESA
METALÚRGICA EN LA REGIÓN CENTRAL
DEL PERÚ 2012.”**

TESIS

**Para optar el Grado Académico de Magíster en Salud Ocupacional y
Ambiental**

AUTOR

Jesús Salvador Cipriano Arellano

ASESOR

Hernán Sanabria Rojas

Lima – Perú

2015



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Fundada en 1551

FACULTAD DE MEDICINA



UNIDAD DE POST GRADO

ACTA DE GRADO DE MAGISTER

En la ciudad de Lima, a los 18 días del mes de Marzo del año dos mil quince siendo las 17.00 horas, bajo la presidencia de la Dra. Elydia Cornelia Mujica Albán con la asistencia de los Profesores: Dra. Carolina Beatriz Tarqui Mamani (Miembro), Mg. Ruth Sara Arroyo Aguilar (Miembro) Mg. Denis Alberto Barnaby Rodríguez (Miembro) y el Mg. Hernán Arturo Sanabria Rojas (Asesor); el postulante al Grado de Magister en Salud Ocupacional y Ambiental, Bachiller en Medicina, procedió a hacer la exposición y defensa pública de su tesis Titulada: **"CAPACIDAD VENTILATORIA FORZADA EN TRABAJADORES DE UNA EMPRESA METALÚRGICA EN LA REGIÓN CENTRAL DEL PERÚ 2012"** con el fin de optar el Grado Académico de Magister en Salud Ocupacional y Ambiental. Concluida la exposición, se procedió a la evaluación correspondiente, habiendo obtenido la siguiente calificación **C BUENO 16**. A continuación el Presidente del Jurado recomienda a la Facultad de Medicina se le otorgue el Grado Académico de **Magister en Salud Ocupacional y Ambiental** al postulante **JESÚS SALVADOR CIPRIANO ARELLANO**.

Se extiende la presente Acta en tres originales y siendo las 18.15 horas, se da por concluido el acto académico de sustentación.

Dra. Carolina Beatriz Tarqui Mamani
Profesora Auxiliar
Miembro

Mg. Ruth Sara Arroyo Aguilar
Profesora Auxiliar
Miembro

Mg. Denis Alberto Barnaby Rodríguez
Profesor Auxiliar
Miembro

Mg. Hernán Arturo Sanabria Rojas
Profesora Principal
Asesor

Dra. Elydia Cornelia Mujica Albán
Profesora Principal
Presidenta

AGRADECIMIENTOS

- A la Unidad de post grado de la UNMSM por haberme dado la oportunidad de estudiar en su seno la Maestría en Salud Ocupacional.
- Al Dr. Hernán Sanabria Rojas Coordinador de la Maestría en Salud ocupacional, Maestro y asesor del presente trabajo de investigación.
- Al Dr. Aquiles Monroy Miranda Jefe del Centro Médico de Chulec por su valiosa orientación en el desarrollo del presente trabajo.
- A la Dra. Carolina Tarqui, asesora y jurado del presente trabajo.
- A la Dra. Ruth Arroyo, asesora y jurado del presente trabajo.
- A mi Padre digno ejemplo de trabajo y perseverancia.
- A Gabriela y Álvaro, por ser la razón de mi espíritu de superación.
- A Violeta, por su apoyo moral e intelectual.

INDICE GENERAL**CUERPO DE LA TESIS****CAPITULO I****Pagina****INTRODUCCIÓN**

1

I.1 Situación problemática

3

I.2 Formulación del problema

5

1.3 Justificación

5

1.3.1 Justificación teórica

5

1.3.2 Justificación practica

6

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

7

1.4.2 Objetivo específico

7

CAPITULO 2**MARCO TEÓRICO**

8-27

2.1 Marco filosófico de la investigación

8

2.2 Antecedentes de la investigación

9-12

2.3 Bases teóricas

13-27

CAPÍTULO 3 **II**

METODOLOGIA

Diseño de estudio	28
Criterios de inclusión	29
Criterios de exclusión	29
Muestra	29,30
Variables del estudio	30
Definición operacional de variables	31-32

CAPÍTULO 4

RESULTADOS Y DISCUSIÓN 37-49

Discusión	44-49
Conclusiones	50
Recomendaciones.	51
Referencias Bibliográficas	52-57

ANEXOS. 58-71

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	TITULO	PAGINA
Figura N° 1	Esquema del espirograma normal	17
Figura N° 2	Curva Volumen Tiempo del espirograma	19
Figura N° 3	Curva Flujo Volumen del espirograma	20
Figura N° 4	Representación esquemática de los patrones respiratorios espirométricos en la curva volumen-tiempo	24

LISTA DE TABLAS Y CUADROS

	TITULO	PAGINA
TABLA N° 1	Clasificación de grados de calidad de la espirometría de acuerdo al N ° de maniobras aceptables y a su repetibilidad.	22
TABLA N° 2	Definición de operación de las variables.	31,32
CUADRO N° 1	Distribución de los trabajadores según índice de masa corporal.	38
CUADRO N° 2	Distribución de edad por grupos etarios en sujetos que laboran en el complejo metalúrgico de La Oroya (3730 m.s.n.m.) de la muestra obtenida.	38
CUADRO N° 3	Promedio de tiempo de los trabajadores que laboran en el complejo metalúrgico de La Oroya según circuitos de trabajo.	39
CUADRO N° 4	Valores espirométricos de FVC, FEV1, PEF, FEV1/FVC, en sujetos que laboran en el complejo metalúrgico de La Oroya., circuito de zinc.	39
CUADRO N° 5	Valores espirométricos de FVC, FEV1, PEF, FEV1/FVC, en sujetos que laboran en el Complejo Metalúrgico de La Oroya a (3730 m.s.n.m.) Circuito de trabajo de plomo.	40
CUADRO N ° 6	Valores espirométricos de FVC, FEV1, PEF, FEV1/FVC, en sujetos que laboran en el Complejo Metalúrgico de la Oroya (3730 m.s.n.m.) Circuito de trabajo de cobre.	40
CUADRO N ° 7	Valores espirométricos de FVC, FEV1, PEF, FEV1/FVC, en sujetos que laboran en el Complejo Metalúrgico de la Oroya (3730 m.s.n.m.)	41
GRAFICO N °1	Distribución de las frecuencias de la FVC en litros en sujetos que laboran en el Complejo Metalúrgico de La Oroya (3730 m.s.n.m).	42

CUADRO N ° 8	Información espirométrica y estadística de los trabajadores que laboran en el Complejo Metalúrgico de la Oroya (3730 m.s.n.m.) según grupos etarios.	43
ANEXO N° 1	Cuestionario de espirometría.	58
ANEXO N° 2	Valores predichos para FEV1, y FVC en varones de 1.70 m. de altura derivados de diferentes ecuaciones de referencia.	59
ANEXO N° 3	Monitoreo aleatorio de agentes químicos contaminantes en el ambiente de trabajo plomo (0.200 mg/m ³), Cadmio (0.010 mg/m ³), Arsenico (0.050 mg/m ³) circuito e plomo: Hornos de plomo-piso e soplos y colada). Doe Run Perú 2013.	60
ANEXO N° 4	Valores de referencia NHANES para varones mexicano-americanos.	61,62
ANEXO N° 5	Presión barométrica de acuerdo a niveles de altitud.	63
ANEXO N° 6	Valores de referencia espirométricos en 5 grandes ciudades de Latinoamérica para sujetos de 40 a más años de edad.	64
ANEXO N° 7	Promedios y desviaciones estándar de las variables estudiadas en la población trabajadora de sexo masculino. México 1997-1998.	64
ANEXO N° 8	Reference values for forced spirometry in males: J. Roca, F.Burgos.	65
ANEXO N° 9	Correlación para los valores de FVC, FEV1 en sujetos que laboran en el C.M.L.O (3730 m.s.n.m.).	66
ANEXO N° 10	Circuitos que operan en el complejo metalúrgico: Circuito de plomo	67
ANEXO N° 11	Planta de acido sulfúrico de plomo.	68
ANEXO N° 12	Hornos de manga, planta de espumaje.	69
ANEXO N° 13	Encerramiento de la fundición de plomo.	70

RESUMEN:

El estudio se realizó en la ciudad de La Oroya, capital de la Provincia de Yauli, en el Departamento de Junín a 3730 m.s.n.m., en las instalaciones del Centro Médico de Chulec perteneciente a la Empresa Doe Run Perú S.R.L. en trabajadores de la fundición del Complejo Metalúrgico, quienes participaron en forma voluntaria.

Objetivo: Determinar la capacidad ventilatoria de los trabajadores de una empresa metalúrgica que laboran en zona de altura en la región central del Perú; según los indicadores espirométricos siguientes: Capacidad Vital Forzada (CVF), Volumen Espiratorio Forzado en el primer segundo (VEF1), relación entre Volumen Espiratorio Forzado en el primer segundo sobre la Capacidad Vital Forzada (VEF1/CVF), y el Flujo Espiratorio Pico de las siglas en inglés (PEF). La investigación servirá de aproximación a los valores de referencia, para trabajadores en zona de altura en el Perú.

Metodología: Se realizó un estudio observacional, descriptivo y transversal en 385 trabajadores nativos o con un tiempo de residencia igual o mayor a 5 años, cuyas edades fueron entre 20 a 60 años, y a quienes se les practicó la prueba de espirometría forzada para determinar la capacidad funcional respiratoria, en base a los criterios de la Sociedad Americana de Tórax (ATS).

Resultados: Los valores fueron los siguientes: Capacidad Vital Forzada: 4.83 l/s, el Volumen Espiratorio Forzado al primer segundo fue de: 4.02 l/s, la relación FEV1/FVC fue de 83.45%, y el Flujo Espiratorio Pico fue de 9.46 l/s.

Conclusión: El 94,6% de los trabajadores evaluados, la Capacidad Vital Forzada estaba dentro de rangos normales. Un 5.2% de la población estudiada es portadora de procesos obstructivos leves, y el 0.2% es portadora de probable proceso restrictivo.

Palabras claves: Función respiratoria, capacidad vital, trabajadores, altura, salud ocupacional.

SUMMARY

This study was conducted in the city of La Oroya, capital of the Province of Yauli, Department of Junín located at 3730 meters above sea level. The study took place in the installations of the Medical Center Chulec which belongs to the company Doe Run Peru SRL. The workers of the Metallurgical Complex voluntarily participated.

Objective:

To determine the ventilatory capacity of workers in a metallurgical company performing their work at high altitudes in the central region of Peru. According to the following spirometric indicators: Forced Vital Capacity (FVC), forced expiratory volume in one second (FEV1), forced expiratory volume ratio in the first second of the FVC (FEV1) / FVC, and peak expiratory flow the acronym (PEF). The research will approach the reference values for workers in the highlands in Peru.

Methodology

An observational, descriptive and cross-sectional study involved 385 native workers with a residence time equal to or more than five years. The ages were between 20-60 years and the participants underwent spirometry testing to determine the respiratory function, based on the criteria of the American Thoracic Society (ATS).

Results

The values were the following : Forced Vital Capacity, FVC: 4.83 l / s, the forced expiratory volume at the first second was 4 .02 l / s, The FEV1 / FVC ratio was 83.45%, and the peak expiratory flow was 9.46 l

Conclusion:

94.6% of workers evaluated showed their FVC within normal ranges. 5.2% of the studied population are carriers of mild obstructive processes, and 0.2% are carriers of a likely restrictive process.

Keywords: Respiratory function, vital capacity, workers, height, occupational health.

CAPÍTULO 1:

INTRODUCCIÓN

La función ventilatoria en las personas, está dada por el pasaje de oxígeno a través de vía respiratoria llegando al alveolo pulmonar para realizar el intercambio gaseoso a través de mecanismos de difusión y perfusión, a fin de realizar una adecuada oxigenación en todo el organismo. El sistema nervioso central controla la actividad de los músculos de la pared costal, los que sirven de bomba para la respiración. Estos componentes del aparato respiratorio actúan de forma concertada para lograr el intercambio gaseoso. (Vélez, 2007).

La función ventilatoria es un conjunto de procesos que realiza el sistema respiratorio para llevar el aire rico en oxígeno, desde el medio exterior hasta los alveolos y eliminar el CO₂ que ha llevado la sangre venosa a estos mismos, con un ciclo continuo de inspiración y espiración, en el cual, el tórax y los pulmones cambian de tamaño aumentando o disminuyendo la cantidad o volumen de aire que contienen en determinado momento. (Vélez 2007).

En la actualidad la espirometría es una evaluación muy importante en las pruebas de función respiratoria en la práctica de la medicina que ha demostrado su utilidad en el diagnóstico, control y seguimiento de las enfermedades broncopulmonares. Sirve también para la estimación del estado basal de las personas expuestas a diversos agentes dañinos y para la cuantificación de la incapacidad laboral. Muchas personas desarrollan alteraciones importantes de las vías aéreas, en el parénquima pulmonar, o de ambos sin presentar síntomas, debido a que el aparato respiratorio está dotado de una reserva fisiológica que no utiliza para satisfacer las necesidades ventilatorias normales (Acero, 1998).

La espirometría es una prueba de fácil realización, económica y no invasiva y el espirómetro se ha convertido en un instrumento de uso cotidiano convirtiéndose en una prueba al alcance de médicos generales, internistas, médicos de salud ocupacional, y personal de salud con entrenamiento en la aplicación de la prueba. (Rodríguez, 2004).

Las diferencias étnicas, raciales y el medio ambiente en donde se desarrollan las poblaciones normales, inciden en las variaciones antropométricas y físicas, por lo que se requieren tablas de valores normales para cada región, y así poder interpretar adecuadamente las pruebas funcionales respiratorias. (Harik-Khan, 2001)

1.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

Los parámetros de las pruebas de función pulmonar presentan una gran variabilidad interindividual y a diferencia de otras variables biológicas dependen de las características antropométricas de los individuos (Sexo, edad, talla, peso y raza). Habitualmente la interpretación de la espirometría se basa en la comparación de los valores producidos por la persona evaluada, con los que correspondería a un individuo sano de sus mismas características antropométricas. (Gáldiz, 2013).

Es conocida la dificultad de unificar criterios de evaluación y clasificación de las personas evaluadas, en función de los valores espirométricos obtenidos. Son escasos los estudios que hayan evaluado poblaciones diferentes y que hayan determinado de manera correcta el Límite Inferior de Normalidad de estas poblaciones.

Actualmente, el Perú no cuenta con tablas de comparación para valores espirométricos normales para zonas de altura, existiendo tablas de valores espirométricos normales realizadas en otros países con las que se diagnostican a los individuos.

En nuestro País existe una gran variedad étnica y un alto nivel de mestizaje, razón por la cual los valores de referencia para parámetros de la función pulmonar, aplicables a otras poblaciones como son los caucásicos o la población afro-descendiente, se consideran poco válidos para ser aplicados objetivamente en la interpretación de las pruebas de función pulmonar en población de altura

El ambiente de altura es un complejo ecológico multifactorial no solo por la disminución de la presión barométrica y la consiguiente hipoxia, sino

también por el aire frío y seco, las costumbres de sus habitantes, hábitos alimenticios, que de una u otra manera intervienen en el proceso de aclimatación. (Melgarejo, 2010)

Los mecanismos de adaptación producidos por la hipoxia es la vasoconstricción pulmonar que produce aumento de la presión arterial pulmonar y aumento de la resistencia vascular pulmonar. Si la exposición es crónica produce cambios anatómicos en las arterias pulmonares. Estos cambios condicionan un mayor tamaño del ventrículo derecho y por tanto una mayor perfusión pulmonar y una mayor capacidad pulmonar. (Marticorena, 1997)

En medicina ocupacional la espirometría se ha convertido en una práctica común que ha ido en incremento, puesto que es imprescindible en cualquier programa de vigilancia respiratoria para la evaluación pre contractual y el monitoreo periódico, ya que puede identificar en asociación con otras pruebas complementarias, enfermedades pre-existentes en personas que solicitan trabajo, además permite detectar factores de riesgo laboral. (Orozco, 2006)

Los trabajadores del Complejo Metalúrgico de La Oroya que se encuentran laborando años en las tres grandes plantas industriales (Cobre, Zinc y Plomo), ubicadas a 3,730 m.s.n.m., están expuestos a diferentes agentes externos como: gases sulfurosos, material particulado, altas temperaturas, metales pesados, agentes que podrían incidir en la función respiratoria, por lo cual los valores de la medición de la Capacidad Vital Forzada, mediante el método espirométrico, indicarán si existen o no alteraciones de la función ventilatoria, además de mostrar una aproximación a los valores espirométricos de referencia en zona de altura en el Perú.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Se planteó la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es la capacidad ventilatoria de los trabajadores del Complejo Metalúrgico de la ciudad de La Oroya en el año 2013?

1.3 JUSTIFICACIÓN

1.3.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La importancia del presente estudio es elaborar una aproximación de valores de referencia de los parámetros espirométricos en una población sana de altura en el Perú.

En nuestro país no existen valores de referencia, por lo que los valores que se obtengan servirán como aproximación a una línea de base para evaluar la capacidad ventilatoria de la población en referencia y evitar considerar dentro de los niveles normales a personas con algún deterioro de la función ventilatoria o viceversa.

Actualmente se cuenta con modelos generados en poblaciones con características étnicas comparables a la población peruana, como son las calculadas por Hankinson (1999) y Pérez-Padilla (2001), para la población mexicana de los cuales ya se conoce su reproducibilidad en otras poblaciones similares.

Las diferencias étnicas y socioeconómicas donde se desarrollan las poblaciones, inciden en variaciones antropométricas, por lo que se requieren de tablas de valores normales para nuestra población, que permitan interpretar en forma correcta las pruebas funcionales respiratorias (Rodríguez, 2002).

En espirometría, el mejor patrón es el máximo resultado obtenido en un mismo sujeto, seguido de forma longitudinal, lo que sólo en ocasiones es posible; sin embargo es mucho más común que se tenga que comparar con valores de referencia previamente publicados. (Lisanti, et al, 2014).

Perú no cuenta con modelos previamente validados para la predicción de valores de referencia de estos parámetros en la población de altura, que se puedan utilizar en medicina laboral.

1.3.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

La justificación práctica de la espirometría radica en que proporciona medición objetiva y reproducible, permitiendo establecer la existencia de alteraciones funcionales incipientes del sistema respiratorio, como son los procesos obstructivos y las alteraciones de tipos restrictivos y/o mixtos.

Mediante la espirometría se pueden realizar intervenciones oportunas para evitar y/o controlar los riesgos. Al igual que la presentación de enfermedades respiratorias, también, permite al profesional Médico poder evaluar, si algún trabajador que se encuentre en proceso de selección pre-ocupacional, se encuentra en buen estado de salud desde el punto de vista de la función respiratoria para así realizar la adecuada evaluación médica respectiva.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la capacidad ventilatoria de los trabajadores del Complejo Metalúrgico de La Oroya.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICO

- a) Describir las características antropométricas de los trabajadores del Complejo Metalúrgico de La Oroya.
- b) Determinar la Capacidad Ventilatoria según los siguientes indicadores espirométricos : Capacidad Vital Forzada, Volumen Espiratorio Forzado al Primer Segundo, Relación Volumen Espiratorio al Primer Segundo sobre la Capacidad Vital Forzada, y el Flujo Espiratorio Pico, según su grupos etarios.
- c) Identificar valores de referencia espirométricos aproximados en población trabajadora en zona de altura en el Perú.
- d) Identificar el promedio de la relación entre el Flujo Espiratorio Forzado al Primer Segundo y la Capacidad Vital Forzada de los trabajadores.
- e) Identificar el Flujo Espiratorio Pico de los trabajadores.

CAPITULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 Marco Filosófico o Epistemológico de la Investigación

La espirometría es una prueba básica de función mecánica respiratoria. Es crítica para el diagnóstico y la vigilancia de enfermedades pulmonares crónicas como el asma y la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), que son problemas de salud pública en todo el mundo. Esta prueba fue posible gracias a la invención del espirómetro por John Hutchinson hace más de siglo y medio. (Vásquez García 2007)

Hutchinson fue un médico inglés y su trabajo sobre espirometría fue publicado originalmente en 1846, esto es casi 50 años antes de la invención de la radiografía por Wilhelm Roentgen (1895), y casi 60 años antes del electrocardiograma por Willem Einthoven (1903). Sin embargo, la espirometría es todavía una prueba muy pobremente utilizada por el médico en general, particularmente en países en desarrollo. (Pérez Padilla Rogelio, 2007) La razón de esto, se ha explicado por el costo de los equipos y un mito en la complejidad de su interpretación. No obstante, en la actualidad existen equipos para uso de consultorio y que son accesibles a muchos médicos; incluso, ya existen equipos portátiles de muy bajo costo los cuales pueden ser adquiridos por los pacientes.

La espirometría debería ser una herramienta de diagnóstico y de fácil acceso para cualquier médico y estar al mismo nivel de accesibilidad que el electrocardiograma o la medición de glucosa en sangre. (American Thoracic Society, 2001)

2.2 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Pérez-Padilla (2001), publicó un estudio realizado en la ciudad de México llamado “Reproducibilidad de Espiometrías en Trabajadores Mexicanos y Valores de Referencia Internacionales”, cuyo objetivo fue analizar la reproducibilidad de las espiometrías en un grupo de trabajadores mexicanos que demandaban incapacidad, así como también determinar qué tan apropiados son los valores de referencias internacionales cuando se aplican en población mexicana, a 2,240 m.s.n.m.

Se estudiaron 5,771 espiometrías realizadas en el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias de México con equipo y métodos recomendados por la Sociedad Americana del Tórax (ATS), por sus siglas en inglés.

Los resultados en trabajadores varones fueron: edad promedio: 51 años, talla: 1.63 m, peso: 74 kg, índice de masa corporal: 28; CVF: 4.2 l/s. VEF1: 3.3 l/s. la relación: VEF1/CVF: 79.7%, el PEF fue de: 9.1 l/s. Se les comparó con las notificadas para poblaciones estadounidenses por Knudson (1983) y Hankinson (1999), para europeos por Quanjer (1983) y para mexicanos, por Pérez Padilla (2001).

Los resultados indicaron que los hombres estudiados mostraron en promedio una FVC 12% por arriba del estándar de Quanjer, 22% por encima del de Knudson, 3% por arriba del de Hankinson y 6% superior al de Rodríguez Reynaga; y de 18, 10.0 y 1% para las mujeres Pérez Padilla (2001) concluyéndose que los que demandaban incapacidad, mostraron valores por encima de los esperados para la talla, género, edad, de sujetos europeos y estadounidenses.

Rojas y Dennis (2010), realizaron el estudio titulado “Valores de referencia para parámetros de espiometría en la población adulta residente en Bogotá, D.C. Colombia” en personas procedentes tres empresas privadas residentes en Bogotá por

más de 5 años , cuyas edades estaban entre 18 a 65 años, las cuales eran no fumadoras y estaban libres de alteraciones pulmonares, cuyo objetivo fue identificar cual de cuatro modelos de predicción generados en poblaciones con características étnicas similares a la población es el más adecuado para utilizar en adultos de Bogotá.

Los resultados para la población masculina (251) fueron: CVF: 4.74 l/s, VEF1: 3.86 l/s, VEF1/CVF (%): 81.42, FEF: 25-75: 4.0 l/s; y para la población femenina (283), CFV: 3.41 l/s, VEF1:2,79 l, VEF1/CVF (%):81,80; valores que demostraron ser válidos en esta población los modelos: Crapo para Capacidad Vital Forzada (CVF) en hombres; Pérez-Padilla, para CVF en mujeres y para la relación con el volumen espiratorio forzado en el primer segundo (VEF1/CVF) en ambos grupos y los de Hankinson para mexicanos-americanos, para todos los parámetros en ambos sexos, concluyendo que los modelos de Hankinson demostraron ser los más adecuados para predecir todos los parámetros de la espirometría; sin embargo, dejan un porcentaje de mala clasificación promedio de 7%, se requiere generar modelos propios, con mayor precisión pronóstica en la población estudiada.

Rodríguez Lastra, et al. (2002) realizaron un estudio con el objetivo de elaborar las ecuaciones de predicción, para obtener los valores de referencia de los parámetros espirométricos, para una población adulta aparentemente sana del estado de Carabobo en Venezuela. En la muestra se consideraron individuos entre 18 a 80 años y estaba constituida por 396 individuos, de los cuales 241 varones y 182 mujeres. Los resultados de las pruebas espirométricas en varones fueron las siguientes: CVF: 4.91 l/s, VEF1 (litros): 4.14, VEF1/CVF: 84.31%, PEF: 5.68 l/s, FEF 25-75: 5.68 l/s. y de CVF: 3.65 l/s, VEF1 (litros): 3.18, VEF1/CVF: 87.12%, PEF:4,50 l/s, FEF 25-75: 6.20 l/s en mujeres

La mayoría de los valores de referencia o predichos se han generado a partir de estudios de población que incluyen cientos o miles de participantes, generalmente sanos y no fumadores. Claramente, se han encontrado diferencias raciales y poblacionales, por lo que conviene saber de dónde provienen estos valores y si

pueden ser usados en nuestra población. Los mejores valores de referencia son aquellos que corresponden a la misma población y realizados con equipos y procedimientos similares. (Guía NIOSH 2007).

2.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Meza García, et al. (2002), realizaron el estudio sobre la Función Pulmonar en trabajadores de una mina de Zinc, Cobre y Plata a 4,200 m.s.n.m., en Casapalca Perú: Impacto del uso de broncodilatador y el tiempo de trabajo en la mina, cuyo objetivo fue determinar si los parámetros espirométricos de trabajadores, son diferentes luego del uso de broncodilatador, y si el tiempo de trabajo en dicha mina (TTM) influye en dichos parámetros. Para lo cual se diseñó un estudio prospectivo de intervención al cual ingresaron 363 trabajadores con un (TTM) de 17.5 ± 7 años. Se le realizó una espirometría antes y después de usar fenoterol y se evaluaron la CVF, VEF1, VEF1/CVF%, FEF25-75%, FEP. Se analizaron las diferencias entre los valores espirométricos iniciales, los predichos y los valores post broncodilatador.

Los resultados de los valores promedios espirométricos pre broncodilatador fueron los siguientes: CVF= 5.14 ± 0.7 lts., VEF1= 4.06 ± 0.6 lts., VEF1/CVF= 79.3 ± 7.7 %, FEF 25-75% = 4.14 ± 1.3 lts/s, el VEF1/CVF fue menor que el predicho ($p < 0.0001$). Los otros parámetros fueron mayores que los predichos ($p < 0.0001$). Luego del broncodilatador, VEF1/CVF%, FEF 25-75%, y FEP mejoraron significativamente ($p < 0.0001$). Los autores concluyeron que los trabajadores de una mina explotadora de metales presentaron tendencia a patrón obstructivo en la espirometría, que se mejoró al usar un broncodilatador, sugiriendo un estadio subclínico. El tiempo de trabajo no es un factor determinante en la función pulmonar en dichos mineros.

Valenzuela (2004), realizó un estudio en la ciudad de Junín a 4105 metros de altura, en voluntarios nativos entre los 20 a 40 años de edad y con permanencia mínima hasta los 20 años en esa altitud, y a quienes se les practicó una prueba de espirometría para determinar la CVF (Capacidad Vital Forzada) y compararla con lo esperado en la población del nivel del mar.

El objetivo fue demostrar que la CVF de los habitantes de altura es mayor que en las pruebas espirométricas clínicas que se realizan a nivel del mar. Los valores hallados en el caso de los varones, (205 personas) fueron: para la CVF el promedio fue de 4.752 l/s. 4.228 l/s. para el VEF1., 0.537 l/m. para el PEF y de 89.10% para la relación VEF1/CVF.

En el estudio se encontró una variación mayor hasta del 20% del valor esperado a nivel del mar en varones y mayor del 11.5% en las mujeres. Por lo tanto, para la población nativa con permanencia mínima hasta los 20 años en esta altitud, se deben de hacer correcciones en la espirometría para poder detectar de manera precoz enfermedades pulmonares funcionales.

2.3 BASES TEÓRICAS.

2.3.1 ESTRUCTURA Y FUNCIÓN RESPIRATORIA

El sistema respiratorio depende de un diseño altamente especializado para el intercambio gaseoso principalmente oxígeno (O_2) y bióxido de carbono (CO_2) entre la atmósfera y la sangre. El sistema respiratorio está conformado por tres componentes principales:

- Una vía de conducción de aire desde el medio externo hasta las zonas pulmonares, que está compuesta por la nariz y el resto de la vía aérea superior hasta los bronquiolos terminales.
- Un área de intercambio gaseoso conformada principalmente por las unidades alveolo-capilares.
- Un sistema motor encargado de ejecutar la mecánica respiratoria y que está compuesta por la caja torácica, con sus componentes óseos y los músculos de la respiración, principalmente el diafragma, bajo el control de sistema nervioso central, con un componente automático y uno voluntario. (Márquez 2010)

Los habitantes que nacen y crecen en zonas de alturas (entre 2500 a 5000 m.s.n.m) deben adaptarse a los decrecientes niveles de oxígeno y de presión barométrica (Valenzuela 2004), para lo cual se realizan adaptaciones que son al inicio fisiológicas para luego ser probablemente sean anatómicas. Lo demostrado hasta ahora es que a partir de los 3,800 m.s.n.m. los humanos y animales presentan hipertrofia del músculo liso de la arteria pulmonar, que va a condicionar hipertrofia del ventrículo derecho y la mayor capacidad pulmonar de los habitantes de las grandes alturas. (Villena 1978, Vásquez 1990).

Adicionalmente, los que laboran en zonas de altura, ponen en juego una serie de mecanismos adaptables para compensar la baja presión parcial de oxígeno que

existe en esta zona, y mantener un suministro adecuado a nivel tisular. (Vásquez 1990, Vargas 2005)

Los mecanismos de adaptación producidos por la hipoxia es la vasoconstricción pulmonar, que produce aumento de la presión arterial pulmonar y aumento de la resistencia vascular pulmonar y si la exposición es crónica, produce cambios anatómicos en las arterias pulmonares. Estos cambios condicionan un mayor tamaño del ventrículo derecho y por tanto una mayor perfusión pulmonar y una mayor capacidad pulmonar. (Cosío 1972, Acero 1998).

Para evaluar la función respiratoria de los trabajadores lo primero que se realiza es el examen clínico integral y al evaluar la función respiratoria se realiza un examen semiológico del tórax a fin de descartar alguna patología desde el punto de vista clínico. A los trabajadores del complejo metalúrgico se les realiza el examen de radiografía pulmonar que es interpretada por el médico, además se realiza la oximetría de pulso. Luego, se realizan exámenes complementarios como el dosaje de hemoglobina y el de espirometría de acuerdo a las recomendaciones de la Sociedad Americana de Tórax (ATS). Estos resultados quedan en la historia clínica del trabajador.

2.3.2 LA ESPIROMETRÍA

La espirometría es una prueba de función de la mecánica pulmonar que mide el tamaño del pulmón (FVC). También mide la presencia o ausencia de obstrucción del flujo aéreo (FEV1 y el cociente FEV1/FVC). Sin embargo, es una prueba que sólo mide el volumen de aire que se desplaza durante la exhalación, no es posible medir el volumen de aire que se queda en el tórax después de una máxima exhalación. Este volumen se llama volumen residual y cuando se suma a la FVC se constituye la capacidad pulmonar total (TLC). (Rojas, 2010)

La espirometría es crítica para el diagnóstico y la vigilancia de enfermedades pulmonares crónicas como el asma y la enfermedad pulmonar obstructiva crónica

(EPOC), que son problemas de salud mundiales. Esta prueba fue posible gracias a la invención del espirómetro por John Hutchinson hace más de siglo y medio. (Vásquez García 2007).

2.3.3 LA ESPIROMETRÍA FORZADA

La espirometría forzada es aquella en que, tras una inspiración máxima, se le pide al trabajador que realice una espiración de todo el aire, en el menor tiempo posible. Es más útil que la espirometría simple ya que nos permite establecer diagnósticos de la patología respiratoria. Los valores de flujos y volúmenes que más interesan son:

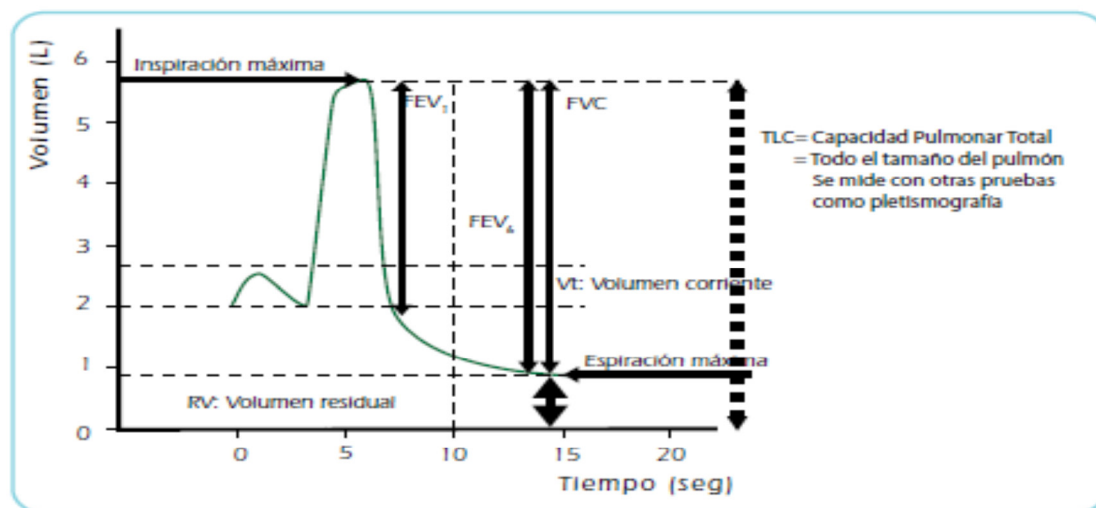
- Volumen espiratorio forzado (VEF1): es la cantidad de aire expulsado durante el primer segundo de la espiración máxima, de la FVC expresado en litros.
- Capacidad vital forzada (FVC): es el máximo volumen de aire exhalado después de una inspiración máxima expresado en litros.
- VEF1/FVC: es la relación, en porcentaje, de la capacidad forzada que se espira en el primer segundo, del total exhalado para la capacidad vital forzada. Esta relación es la variable más comúnmente utilizada para definir obstrucción al flujo aéreo.
- FEF25-75: Flujo espiratorio forzado entre el 25 y el 75% de la FVC.
- VEF1/VEF6: Es el volumen espiratorio forzado entre el 1^{er} y 6^{to} segundo; es usado para realizar screening en el diagnóstico de EPOC. Esto evalúa si hay obstrucción bronquial.
- PEF (Peak Expiratory Flow): Flujo Espiratorio Máximo de Pico (FEM o PEF), es el flujo máximo de aire alcanzado con un máximo esfuerzo, partiendo de una posición de inspiración máxima, expresado en l/s (Márquez, 2010).

La capacidad total de los pulmones resulta en ocasiones útil para comprender la patología pulmonar. Una estimación razonable de la capacidad pulmonar total se

puede obtener al combinar varios parámetros volumétricos, los parámetros más comunes son:

- Volumen Corriente (también conocido como Volumen Tidal o VT, se da durante una respiración tranquila y relajada, el volumen de aire que es inhalado o exhalado con cada respiración.
- Volumen de Reserva Espiratoria o VRE (Expiratory Reserve Volume) es la máxima cantidad de aire que es exhalada de manera forzada después de una inspiración normal y una espiración normal. La cantidad de aire exhalado será mayor que la que había sido inhalada inmediatamente antes.
- Volumen de Reserva Inspiratoria o VRI (Inspiratory Reserve Volume) es la máxima cantidad de aire que puede ser inhalada de manera forzada después de una inhalación normal.
- Volumen Residual o VR (Residual Volume) es la cantidad de aire que permanece en los pulmones después de una espiración máxima.
- Capacidad Vital o CV (Vital Capacity) es la máxima cantidad de aire que puede ser exhalada después de una inhalación máxima. La capacidad vital es la suma del Volumen Tidal, del Volumen de Reserva Inspiratorio y del Volumen de Reserva Espiratorio. La cantidad de aire que puede ser exhalada con un esfuerzo máximo, después de una inhalación máxima, se denomina Capacidad Vital Forzada (CFV) volumen que es medido en la espirometría.
- La Capacidad Pulmonar Total o TPT (Total Lung Capacity) es la suma de la Capacidad Vital y del Volumen Residual. (Márquez 2010).

Figura N ° 1 ESQUEMA DE ESPIROGRAMA NORMAL



Fuente. Manual de entrenamiento en espirometría Pérez Padilla Rogelio, Muiño Adriana, Márquez María Nelly. Febrero 2005.

La espirometría permite medir el máximo volumen de aire que puede exhalarse después de una inspiración máxima (FVC) y la aceleración con que pueden movilizarse estos volúmenes (flujos). El FEV1 y el cociente (FEV1/FVC) son los parámetros que se utilizan para medir la obstrucción al flujo aéreo. La espirometría no permite medir el volumen residual (RV) y consecuentemente la capacidad pulmonar total (TLC).

2.3.4 LÍMITE INFERIOR DE NORMALIDAD

El objetivo principal de la interpretación de una espirometría es definir si esta es “normal” o es una espirometría baja. Para esto debemos conocer el Límite Inferior de Normalidad (LIN), para la FVC, el FEV1 y la relación FEV1/FVC. El LIN en una espirometría, debe usarse la percentil 5 (p5); es decir, el punto que separa al 5% de la población con valores más bajos de la población, del 95% más alto. En la práctica clínica y de manera tradicional, se usa el 80% del predicho de FEV1 y FVC como su LIN. Sin embargo, el 80% del predicho y el p5 no siempre coinciden, ya que pueden variar de acuerdo con la ecuación de referencia que se utilice (la edad y la talla). (Guía Niosh, 2007). La p5 en ecuaciones locales de México, coincide más con el 80% del predicho (en promedio) que otras ecuaciones externas como las de Knudson, Coultas o Quanjer, donde hay diferencias de 5 a 10 puntos porcentuales. Por ejemplo,

si cómo ecuación de referencia se usara la descrita por Quanjer, el límite inferior de normalidad para FVC en un hombre sería en 89% del predicho.

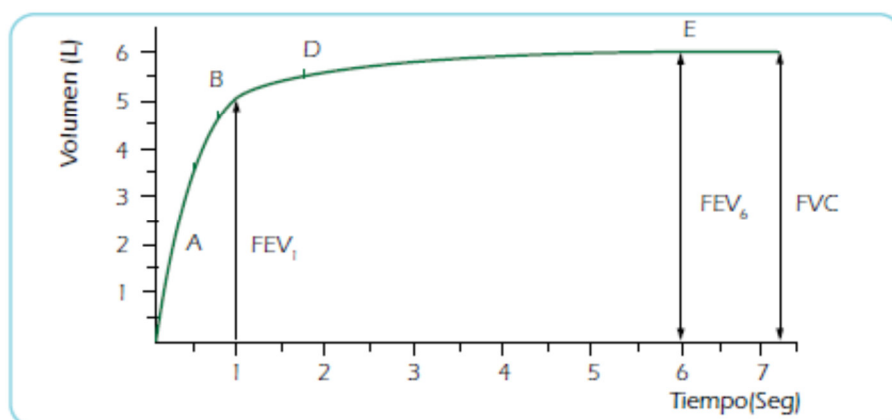
2.3.5 GRAFICAS VOLUMEN - TIEMPO, FLUJO - VOLUMEN

Las gráficas Volumen-Tiempo (VT) y Flujo-Volumen (FV), siempre deben estar incluidos en la espirometría; son de mucha utilidad para valorar la calidad de la maniobra. En estas gráficas se puede observar el grado de esfuerzo, la duración del mismo y la presencia de artefactos; también pueden servir para fines de interpretación.

2.3.6. GRAFICA VOLUMEN-TIEMPO

La gráfica VT, con frecuencia llamada sólo espirograma, presenta el tiempo en segundos en el eje horizontal (x) contra el volumen en litros en el eje vertical (y). Un espirograma aceptable muestra un inicio abrupto con un incremento brusco en el volumen durante el primer segundo de la espiración. Posteriormente, alcanza una transición o rodilla de la curva entre los segundo 1 y 2 y finalmente una meseta donde a pesar de varios segundos hay poco incremento en el volumen. La mayoría de los adultos alcanzan la FVC antes del segundo 6; sin embargo, algunos adultos mayores o personas con obstrucción al flujo aéreo requieren más de 10 segundos de espiración. Técnicamente se requiere de una meseta de al menos un segundo donde el volumen no cambia más de 25 ml, para decir que el individuo ha alcanzado su FVC (Márquez, 2010).

Figura N° 2: CURVA VOLUMEN - TIEMPO DEL ESPIROGRAMA

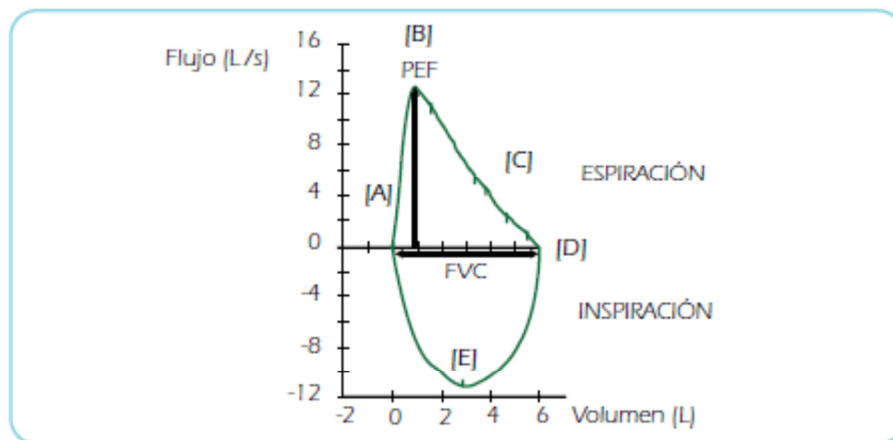


Fuente. Manual para el uso e interpretación de la espirometría por el Médico, Asociación Latinoamericana del Tórax. Dr. Vásquez García Juan Carlos, Pérez Padilla Rogelio, 2007.

2.3.7 CURVA FLUJO / VOLUMEN:

La grafica FV, presenta el comportamiento del flujo espiratorio (equivalente a la aceleración del volumen) en el eje vertical contra el volumen espirado en el eje horizontal. Esta curva tiene una fase espiratoria de forma triangular y una fase inspiratoria de forma semicircular que se presentan por arriba y por abajo, respectivamente, del eje horizontal. Sin embargo, en la mayoría de las espirometrías sólo se muestra la fase espiratoria. La fase espiratoria, de forma triangular inicia con un ascenso muy vertical que termina en un flujo pico o flujo máximo (PEF por sus siglas en inglés) y que se alcanza antes de 0.12 segundos de la espiración. Esta curva es de gran utilidad para evaluar el esfuerzo inicial del paciente. Se puede observar el volumen exhalado (FVC), y el flujo máximo (PEF). En resumen, ambas gráficas (FV y VT) son complementarias y nos describen tres variables fundamentales, volumen, flujo y tiempo. (Márquez 2010), (Pérez- Padilla, 2007).

Figura N° 3: CURVA FLUJO VOLUMEN DEL ESPIROGRAMA



Fuente. Manual para el uso e interpretación de la espirometría por el Médico, Asociación Latinoamericana del Tórax. Dr. Vásquez García Juan Carlos, Pérez Padilla Rogelio, 2007

2.3.8 Criterios de aceptabilidad:

Inicio adecuado: Elevación abrupta y vertical en la curva FV.

Terminación adecuada: Sin cambios >25 ml por al menos 1 segundo en la curva VT.

Duración de la espiración al menos 6 seg (≥ 10 años) y de 3 seg en <10 años (Pérez Padilla, 2007)

Libre de artefactos:

- Sin terminación temprana
- Sin tos
- Sin cierre glótico
- Sin esfuerzo variable
- Sin exhalaciones repetidas
- Sin obstrucción en boquilla o fuga alrededor de la misma
- Sin errores de línea de base (sensores de flujo).

Valoración de repetibilidad:

Es la mayor coincidencia entre resultados obtenidos de mediciones sucesivas que implican mismo método, mismo observador, mismo instrumento, mismo lugar, misma condición, repetidas sobre un periodo corto de tiempo.

Reproducibilidad:

Es la mayor coincidencia entre resultados de mediciones sucesivas que implican diferentes condiciones como método de medición, observador, instrumento, lugar, condiciones de uso y tiempo.

Evaluación de la repetibilidad:

- Contar con tres maniobras de FVC aceptables.
- Se aplica a FVC y FEV1.
- La diferencia entre los dos valores más altos de FVC o FEV1 debe ser <0.15 l (150 ml).
- Espirometrías con repetibilidad >150 ml son más variables.

2.3.9 GRADUAR LA CALIDAD DE LA PRUEBA:

El proceso de interpretación se inicia con una graduación de calidad de la espirometría. Se determina si la prueba cuenta con tres maniobras de FVC aceptables y si estas maniobras son repetibles. Para este paso se han descrito seis grados de calidad que definen desde espirometrías muy aceptables y repetibles (Grado A), a pruebas con aceptabilidad y repetibilidad muy pobre o no evaluable. En la práctica es posible interpretar una espirometría de cualquier grado de calidad, pero cuando la calidad es mala, los resultados son menos concluyentes o son poco confiables. (Márquez et al.2010).

Tabla N° 1: CLASIFICACIÓN DE GRADOS DE CALIDAD DE LA ESPIROMETRIA DE ACUERDO AL N° DE MANIOBRAS ACEPTABLES Y A SU REPETIBILIDAD.

GRADO	MANIOBRAS ACEPTABLES	FEV1, Y FVC	INTERPRETACIÓN DE CALIDAD.
A	3	< 150 ml.	Muy aceptable y muy repetible.
B	3	< 200 ml.	Aceptable y repetible.
C	2	< 200 ml.	Menos aceptable y repetible.
D	2	> 200 ml.	Menos aceptable y variable.
E	1		Inadecuado.
F	0		Inadecuado.

***Fuente.** Manual para el uso e interpretación de la espirometría por el Médico, Asociación Latinoamericana del Tórax. Dr. Vásquez García Juan Carlos, Pérez Padilla Rogelio, 2007.*

Según Vásquez & Pérez Padilla (2007), con el fin de realizar una interpretación adecuada, se debe de aceptar las calidades de A – C de las espirometrias.

2.4 PATRONES DE ALTERACIONES ESPIROMÉTRICAS.

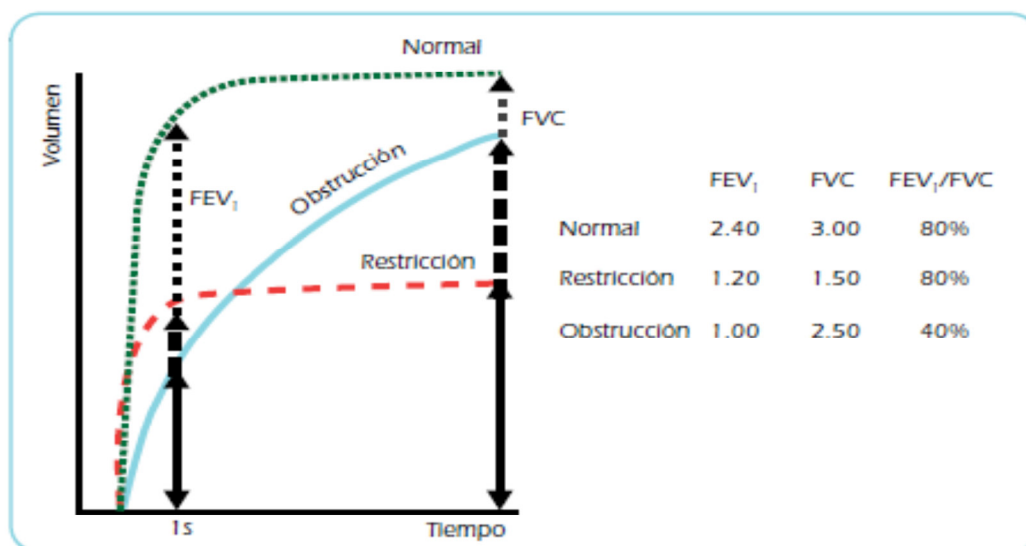
En base al valor obtenido del VEF1, la afectación funcional pulmonar puede calificarse de grado leve, moderada o grave. Asimismo, según el análisis de los distintos parámetros espirométricos obtenidos, las alteraciones ventilatorias se pueden clasificar de tipo obstructiva, no obstructivo (restrictiva) o mixta.

a) Alteraciones ventilatorias de tipo obstructivo.-

El patrón obstructivo en espirometría está definido siempre que la relación FEV1/FVC es baja, es decir <LIN. Esto significa que la resistencia al flujo de aire está aumentada y durante el primer segundo de la exhalación forzada sale menos aire de lo normal. Una vez que se determina un patrón obstructivo, se determina la gravedad de la obstrucción para lo cual se usa el FEV1. El LIN (percentil 5) varía con la edad pero se aproxima al 90% del promedio esperado para la edad (Márquez, 2010), (Pérez- Padilla, 2007).

- b) **Alteraciones ventilatorias de tipo restrictiva.**- Se caracteriza por una disminución de la capacidad pulmonar y se traduce por una disminución muy marcada del FVC y por permanecer normal o aumentada la relación FEV1/FVC. La curva es de morfología normal pero de tamaño más pequeño.
- c) **Alteraciones ventilatorias de tipo mixto.** Se caracterizan por presentar alteraciones de ambos tipos y se manifiestan con una disminución de la FEV1, de la FVC y de la relación entre ambas.

Figura N°4: REPRESENTACIÓN ESQUEMATICA DE LOS PATRONES RESPIRATORIOS ESPIROMETRICOS EN LA CURVA VOLUMEN-TIEMPO.



Fuente. *Manual para el uso e interpretación de la espirometría por el Médico, Asociación Latinoamericana del Tórax. Dr. Vásquez García Juan Carlos, Pérez Padilla Rogelio, 2007.*

Representación esquemática de los patrones respiratorios en la curva volumen tiempo. En una espirometría normal, el pulmón es de tamaño promedio (FVC), y el 80% del FVC se exhala en un segundo (FEV1 normal). En restricción pulmonar, la FVC es baja, pero el flujo de aire es normal ($FEV_1/FVC > LIN$), en cambio en obstrucción pulmonar la FVC puede ser normal o baja, pero el flujo de aire está disminuido.

En el año 2010, se promulgó el Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo en Minería el que se aplica desde el 2011, y que en cuyos artículos dicta lo siguiente: **“La ausencia de afecciones o enfermedades incluyendo los elementos físicos y/o mentales están directamente relacionados con el desempeño competitivo del trabajador”**. Para cumplir con esta norma, la empresa se encarga de realizar a los trabajadores los exámenes médicos obligatorios que son al ingreso, anuales y el examen de retiro, dentro del cual se considera la prueba de espirometría (D.S. 055-2010-EM).

En el Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo, la Salud Ocupacional, se define como: “Rama de la Salud responsable de promover y mantener el más alto grado posible de bienestar físico, mental y social de los trabajadores en todas las ocupaciones a fin de prevenir riesgos en el trabajo”. (DS N° 005-2012)

Asimismo, el 20 de agosto del año 2011 se promulgó la ley 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, en cuyo título preliminar estipula:

Principio de prevención.- El empleador garantiza en el centro de trabajo el establecimiento de los medios y condiciones que protejan la vida la salud y el bienestar de los trabajadores. También de aquellos que, no teniendo vínculo laboral, presten servicios y/o se encuentren dentro del ámbito del centro de labores.

2.5 AGENTES QUÍMICOS QUE DESCARGA EL COMPLEJO QUE PODRÍA AFECTAR LA FUNCIÓN RESPIRATORIA.

Entre los agentes químicos identificados en el Complejo Metalúrgicos, tenemos al dióxido de azufre, el material particulado fino como plomo arsénico cadmio, antimonio entre otros agentes, los que son inhalados como vapores y que podrían afectar la función respiratoria.

2.5.1 EFECTOS EN LA SALUD DEL DIOXIDO DE AZUFRE Y ACIDO SULFURICO

El dióxido de azufre es un gas incoloro con un fuerte olor picante. La oxidación del dióxido de azufre, lleva a la formación de ácido sulfuroso y sulfúrico. El dióxido de azufre y el ácido sulfúrico irritan los pulmones, el dióxido de azufre es soluble en agua y es absorbido por las membranas mucosas de la nariz y el tracto respiratorio superior el ácido sulfúrico existe como un aerosol líquido o se adhiere a la superficie de las partículas. Cuando las partículas son muy pequeñas, el ácido sulfúrico puede penetrar con más profundidad en el tracto respiratorio que el dióxido de azufre en la misma concentración, el ácido sulfúrico causa mayor irritación que el dióxido de azufre; su efecto irritante se relaciona con el pH y no con el sulfato. (Integral Consulting Inc. 2005)

El dióxido de azufre puede estrechar las vías respiratorias, causando dificultad en la respiración. La sensibilidad al dióxido de azufre es altamente variable, sin embargo, las concentraciones que afectan a unas personas inducen una bronca constricción severa (WHO, 2000). Los estudios con voluntarios humanos indican que la mayoría de personas experimenta el efecto irritante del dióxido de azufre en concentraciones de 13,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Estos efectos son reversibles y por lo general desaparecen en un plazo de horas después de terminar la exposición. Los datos de estudios con voluntarios humanos asmáticos sugieren que la bronco-constricción inducida por el dióxido de azufre se presenta en un lapso de 10 minutos y aumenta en forma mínima o se reduce después de 10 minutos de exposición (Consejo Nacional de Investigación 2004). Los niños y adultos que sufren de asma son especialmente sensibles al dióxido de azufre (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, 1994), calcula que las personas que sufren de asma pueden ser 10 veces más sensibles al dióxido de azufre que las personas no asmáticas. La susceptibilidad al dióxido de azufre se determina principalmente por la condición de la salud respiratoria y no la edad (Agencia Americana para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades 1998).

El ácido sulfúrico inhalado también causa efectos irritantes llevando a la bronco constricción, aunque en concentraciones más bajas que las necesarias para una respuesta similar del dióxido de azufre (Integral Consulting Inc. 2005).

2.5.2 CRITERIOS BASADOS EN LA SALUD PARA EL DIÓXIDO DE AZUFRE.

En el 2001, el CONAM, estableció una norma de calidad de aire ambiental de 24 horas basado en la salud para las concentraciones de aire ambiental de 24 horas del dióxido de azufre de $365 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

En el 2008, el Estado Peruano inició una reducción gradual para coincidir con los lineamientos de la OMS: del existente $365 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el 2009 y a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el 2014. (DS N° 003-2008).

En las disposiciones complementarias para la aplicación del Estándar de Calidad Ambiental de Aire para Dióxido de Azufre (SO_2), aprobado mediante Decreto Supremo N° 003-MINAN en el Artículo 2°.- Aplicación del ECA de aire para el Dióxido de Azufre (SO_2), en el punto 2.2 dice: “En aquellas ciudades o zonas en las que el Ministerio del Ambiente establezca que, como resultado de los monitoreos ambientales continuos y representativos de los últimos doce meses anteriores al 01 de Enero de 2014, registren valores diarios superiores a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de dióxido de azufre (SO_2) en el aire, de deberán considerar dentro de los planes de acción para el mejoramiento de la calidad de aire de sus cuencas atmosféricas, las acciones metas plazos y mecanismos de adecuación que se requieran para lograr que dichas concentraciones se reduzcan de manera gradual y progresiva”

CAPITULO 3

METODOLOGÍA

3.1 DISEÑO DEL ESTUDIO

El diseño de la investigación es observacional, descriptivo y de corte transversal. La recolección de datos se realizó entre febrero de 2013 a mayo de 2014.

3.1.1 DESCRIPCIÓN DEL COMPLEJO METALURGICO DE LA OROYA

El Complejo Metalúrgico de la Oroya es una planta industrial que consta de una fundición y una refinería en actividad. Está situada a 175 km al noreste de Lima, Perú, ubicada en la Cordillera de los Andes a una altitud de 3730 m.s.n.m. en el valle del río Mantaro, en la confluencia de los ríos Mantaro y Yauli. Actualmente laboran aproximadamente 2,000 trabajadores expuestos a diferentes contaminantes, como son: gases sulfurosos (SO₂), plomo, arsénico, cadmio, material particulado.

3.1.2 POBLACIÓN

La población laboral de la Empresa Minero Metalúrgica, asciende a 2000 trabajadores de los cuales el 97% de la fuerza laboral son varones y el 3% son mujeres, en razón a que la naturaleza de los procesos productivos así lo requiere. La muestra en estudio fue 385 trabajadores de sexo masculino.

3.1.3 CRITERIOS DE SELECCIÓN

3.1.3. 1 CRITERIOS DE INCLUSION:

- Trabajadores de 20 a 60 años de edad.
- Sin antecedentes de enfermedad pulmonar ni cardiovascular.
- Residencia de 5 o más años en la localidad.
- Se admitieron al estudio trabajadores clínicamente sanos.

3.1.3.2 CRITERIOS DE EXCLUSION

- Trabajadores menores de 20 años ni mayores de 60 años.
- Trabajadores que hayan ingerido alimentos 2 horas antes del estudio.
- Trabajadores con procesos respiratorios agudos (procesos gripales).
- Trabajadores con antecedentes de tabaquismo.

3.2. MUESTRA: Se realizó un muestreo no probabilístico, por conveniencia.

El tamaño de la muestra se calculó considerando los siguientes criterios:

Proporción esperada de capacidad ventilatoria anormal: 5%

Nivel de confianza: 95%

Precisión: 2%

Población total de trabajadores: 2000

Para determinar el tamaño de muestra se aplicó la siguiente fórmula: (Sanabria Rojas Hernán 2005)

$$N = \frac{Z^2 p (1-p) N}{Z^2 p (1-p) + EE^2 N}$$

Donde:

$Z_{\alpha/2} = 1.96$ (Nivel de confianza al 95%)

p = proporción esperada de capacidad ventilación anormal (5% = 0.05)

N = Total de trabajadores que asciende a 2000.

EE= Precisión, para nuestro caso deseamos un 2%.

$$N = \frac{1.96^2 * 0.05 * 0.95 * 2000}{1.96^2 * 0.05 * 0.95 * (0.02^2) * 2000}$$

N= 372 trabajadores

La muestra calculada asciende a 372 trabajadores, y se adicionó un 5% por eventual tasa de no respuesta, por ello, la muestra fue de 385 trabajadores.

De acuerdo a ello, se trabajo con servidores de los 3 circuitos que actualmente operan en el Complejo Metalúrgico, se realizó una distribución equitativa de los servidores y se consideró a 130 trabajadores del circuito de zinc, 130 trabajadores del circuito de plomo y 125 trabajadores del circuito de cobre, los resultados se dan a conocer en las tablas respectivas.

3.3 VARIABLES DEL ESTUDIO

Las variables a tomar en cuenta son:

3.3.1 Variables principales: Edad, peso, talla sexo.

3.3.2 Variables Secundarias: FVC, FEV1, PEF, FEV1 / FVC, FET.

3.3.3 Variable interviniente: Altitud.

Previamente al examen, a los trabajadores se les registró peso y talla, datos que son requeridos por el software del espirómetro, para obtener las variables y funciones espirométricos, que se muestran en los cuadros siguientes.

Tabla N° 2: DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN	INDICADOR	CATEGORÍAS O VALORES	CRITERIOS PARA DEFINIR LOS VALORES FINALES	INSTRUMENTOS
Edad	Edad del trabajador que labora en el complejo	Edad e los trabajadores contados a partir del nacimiento hasta el momento de la evaluación.	Cuantitativa.	Razón.	Edad en años cumplidos.	Edad en años	Años cumplidos	Ficha de evaluación
Peso	Peso del trabajador que labora en el Complejo.	Peso expresado en kilogramos que se obtiene a través de la balanza en el momento de la evaluación	Cuantitativa.	Razón.	Peso	Peso en kilogramos	Peso en kilogramo	Balanza
Talla	Medición la de la talla en centímetros.	Altura del trabajador.	Independiente.	Centímetros.	Talla	Talla en centímetros	Talla en centímetros	Ficha de evaluación
Altitud	Se tomó el dato de altitud en que se encuentra la Ciudad de la Oroya.	Metros sobre el nivel del mar.	Independiente.	Altura en la cual se desarrolló el estudio.	Altitud de la Ciudad.	Expresado en m.s.n.m.	Expresado en m.s.n.m. Se tomó los valores de 3000 a 4000 m.s.n.m.	Ficha de evaluación

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN	INDICADOR	CATEGORÍAS O VALORES	CRITERIOS PARA DEFINIR LOS VALORES FINALES	INSTRUMENTOS
CVF	Capacidad Vital Forzada de los trabajadores sometidos al estudio.	Máximo volumen de aire exhalado, después de una inspiración máxima.	Dependiente.	Litros.	Tamaño pulmonar.	Valor expresado en litros	Valores de referencia NHANES, para varones MEXICOAMERICANOS	Espirómetro
VEF1	Volumen espiratorio al primer segundo.	Máximo volumen de aire exhalado en el primer segundo del examen.	Dependiente.	Litros/segundo.	Volumen en litros exhalado en el primer segundo del examen.	Valor expresado en litros	Valores de referencia NHANES, para varones MEXICOAMERICANOS	Espirómetro
VEF1/CVF	Volumen espiratorio registrado en el primer segundo de la prueba dividido sobre la capacidad vital forzada.	Es la relación VEF1/CVF, expresada en porcentaje.	Dependiente.	Porcentaje.	Comúnmente utilizada para definir obstrucción al flujo aéreo.	Valor expresado en litros	Valores de referencia NHANES, para varones MEXICOAMERICANOS	Espirómetro
PEF	Flujo espiratorio Máximo.	Flujo máximo de aire alcanzado con un máximo esfuerzo, partiendo de una posición de inspiración máxima.	Dependiente.	Litros/segundo.	Mide la fuerza de los músculos de la respiración.	Valor expresado en litros por segundo	Ecuaciones de predicción para adultos, propuestas por la SEPAR.	Espirómetro

3.4 TECNICA Y PROCEDIMIENTO

3.4.1 TECNICA (Según criterios de Sociedad Americana de Tórax.)

La técnica que se empleó en la toma de la prueba de espirometría consistió en:

- Preparación del paciente, ya que la causa más común de alteración de las pruebas de función pulmonar es el pobre esfuerzo del paciente.
- Hacerle saber que la prueba medirá cuan fuerte y rápido puede mover el aire desde y hacia sus pulmones.

Se recomienda que el trabajador colabore y esté relajado y que comprenda perfectamente en que consiste este procedimiento, para así lograr una prueba real y efectiva.

La espirometría puede ser afectada si el trabajador:

- Haya fumado cigarrillos en las últimas 24 horas.
- Haya bebido café o té en la última hora.
- Haya ingerido alimentos pesados en la última hora.
- Poseer algún problema de salud.

3.4.2 PROCEDIMIENTO

Se le indicó al trabajador se ubique en posición de pie, y se le solicitó que realizara una inspiración profunda, seguidamente se colocó la pinza sobre las fosas nasales, luego la boquilla del espirómetro, solicitándosele realizar una espiración forzada por unos 6 segundos hasta “quedarse sin aire”. En todo momento la prueba fue supervisada.

La prueba fue considerada aceptable si:

- Comenzó con la inspiración más profunda.
- Exhaló máximamente con un rápido y un buen comienzo.

- Inhaló máximamente después de la espiración.
- Inhaló y exhaló continuamente, no tosiendo.

Se empleó los criterios de Estándar de la ATS y su modificación, es decir, en posición de pie. Se realizó las pruebas a cada trabajador (con un mínimo de tres espirometrías), registrándose la que tuvo mejor FVC. (Hankinson, 1999).

El espirómetro registra los datos del paciente como edad, sexo, talla, peso y raza (no caucásica). El peso fue registrado con una balanza de pie expresada en kilogramos y la talla en centímetros, fue medida con un tallímetro, que estaba en la misma balanza (Continental Scalecorp Chicago ILL).

El equipo registra por cada prueba los parámetros espirométricos de Capacidad Vital Forzada (CVF), Volumen Espiratorio Forzado en el 1° segundo (VEF1), Flujo Espiratorio Pico (PEF), y la relación entre VEF1/CVF %, también brinda información sobre el valor esperado de la CVF.

Para garantizar la precisión y exactitud de todas las mediciones, diariamente se calibró el espirómetro con una jeringa de 3 litros. Culminadas las pruebas se registraron los datos de cada trabajador en Microsoft Excel, para su posterior análisis.

3.5 PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Se realizaron coordinaciones con el Director del Centro Médico de Chulec de la Empresa Doe Run Perú S.R.L. quien previamente revisó el proyecto de tesis y luego procedió a otorgar la autorización respectiva.

Se realizó el examen clínico poniendo énfasis en la región del tórax para evaluar pulmones y la región cardiovascular a fin de evaluar si son o no portadores de patologías pulmonares y/o cardiacas.

Se aplicó la ficha de recojo de datos a cada participante del estudio y se interrogó sobre antecedentes de patologías previas para evaluar si no había contraindicaciones para realizar el estudio respectivo.

Se digitaron los datos personales de cada participante, se ingresó los datos al equipo, éstos fueron: fecha de nacimiento, peso, talla, etnia, para luego proceder a realizar el examen respectivo.

El control de calidad del examen respectivo, fue realizado por el médico investigador, quien personalmente realizó la prueba a cada participante, aplicando los criterios de aceptabilidad, repetibilidad y reproducibilidad; la data obtenida se almacenó en el equipo.

3.5.1 ASPECTOS ÉTICOS:

- Se solicitó al trabajador el consentimiento informado verbal, previamente, se explicó el objetivo del estudio.
- El estudio no involucra riesgo para el trabajador.
- El examen fue gratuito para todos los trabajadores.
- Se dio los resultados de la evaluación inmediatamente, y se brindó orientación a cada uno de los trabajadores según resultado de la evaluación respectiva.

3.2. 2 PLAN DE ANÁLISIS

Una vez captada la información mediante el Espirómetro marca MIR modelo Spirodoc, se trasladaron los datos del WINSPIRO PRÓ a una base de datos de Excel del Windows 10, luego la información al software SPSS versión 17, para su proceso y análisis.

Se hizo uso de la Estadística Descriptiva para el análisis de los valores de las variables CVF, VEF1, PEF VEF1/CVF. La información se presenta en cuadros de una o doble entrada con sus respectivos gráficos.

CAPITULO 4

RESULTADOS Y DISCUSION:

4.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

Se incluyó 385 trabajadores, la edad promedio fue de 48 años, la totalidad de los trabajadores fueron varones, el peso promedio fue de 71.26 kg, y la talla promedio fue de 1.64 m. En el complejo metalúrgico actualmente operan 03 circuitos (cobre, zinc y plomo), los servidores realizan diversas labores en dichas áreas, por lo cual, al momento de invitarlos para participar en el presente estudio, referían que laboraban en dichas áreas, luego de realizar el conteo de exámenes resultó de que: 130 fueron del área de zinc, 130 fueron del área de plomo y 125 del área de cobre., éstos datos se consignan en el cuadro N° 3.

En cuanto al Índice de Masa corporal, (IMC) (en Kg/ m²), los puntos de corte se expresan de acuerdo con los criterios actuales de la Organización Mundial de la Salud (O.M.S) de la siguiente forma:

- Entre 18.5 y 24.9 kg/m²: Normo peso.
- Entre 25 y 29.9 kg/m²: Sobrepeso.
- > 30.0 kg/m²: Obeso.

CUADRO N° 1 : DISTRIBUCIÓN DE LOS TRABAJADORES SEGÚN ÍNDICE DE MASA CORPORAL.

IMC: (Peso/Talla ²)	N°	%
Normal	155	40.25
Sobrepeso	185	48.05
Obeso	45	11.68
Total	385	100

En el cuadro N° 1, el estudio muestra que el 40 % fueron normales, el 48% son portadores de sobrepeso, y un 11% fueron portadores de obesidad de I grado.

CUADRO N° 2 : DISTRIBUCION DE EDAD POR GRUPOS ETARIOS DE LOS TRABAJADORES DE LA MUESTRA OBTENIDA.

EDAD AÑOS	N°	%
20 – 30	06	1.55
31 – 40	70	18.18
41 – 50	166	43.11
51 – 60	143	37.14
Total	385	100.00

En el Cuadro N° 2 se observa que el 18% tiene entre 31 a 40 años, y el 70% tiene entre 41 a 60 años de edad, constituyendo el grueso de la fuerza laboral.

CUADRO N° 3: PROMEDIO DE TIEMPO DE LOS TRABAJADORES QUE LABORAN EN EL COMPLEJO METALURGICO SEGÚN CIRCUITOS DE TRABAJO

Años de trabajo	ZINC	PLOMO	COBRE	Total	%
5 – 10	31	45	28	104	27.02
11 – 20	50	45	44	139	36.11
21 – 30	39	35	47	121	31.42
31 – 40	10	5	6	21	4.45
Total	130	130	125	385	100.00

En el cuadro N° 3 Se observa que el 27% de trabajadores tiene un tiempo de labor promedio entre 5-10 años. El 67 % de trabajadores tiene un tiempo de trabajo entre 11 a 30 años y aproximadamente un 5 % tiene un tiempo de trabajo entre 30 a 40 años.

CUADRO N° 4 : VALORES ESPIROMETRICOS DE FVC, FEV1, PEF, FEV1/FVC, EN SUJETOS QUE LABORAN EN EL COMPLEJO METALURGICO DE LA OROYA (3730 m.s.n.m) – CIRCUITO DE TRABAJO ZINC

Estadísticos	FVC(L)	FEV1(L)	FEV1/FVC	PEF(L/seg.)
Media	4.85	4.08	84.35	9.60
Mediana	4.82	4.09	84.30	9.67
DesviaciónEstándar (DS)	0.73	0.59	4.96	2.22
Mínimo	3.12	2.51	68	4.07
Maximo	6.84	5.79	99.30	15.48
Percentil 25	4.34	3.61	81.30	8.10
Percentil 50	4.82	4.09	84.30	9.67
Percentil 75	5.31	4.44	87.45	11.00

L= Litros m= minutos

En el Cuadro 4, se observan los valores de la espirometría de los trabajadores del Circuito de Zinc. La CVF promedio es de 4.85 litros, el VEF1 es de 4.08 litros, la relación VEF1/CVF es de 84.35% y el PEF es de 9.60 litros/segundo.

CUADRO N° 5: VALORES ESPIROMETRICOS DE FVC, FEV1, PEF, FEV1/FVC, EN SUJETOS QUE LABORAN EN EL COMPLEJO METALURGICO DE LA OROYA (3730 m.s.n.m) – CIRCUITO DE TRABAJO PLOMO

Estadígrafos	FVC(L)	FEV1(L)	FEV1/FVC	PEF(L/seg.)
Media	4.75	3.96	83.58	9.48
Mediana	4.81	3.96	83.40	9.28
DesviaciónEstándar (DS)	0.68	0.51	5.05	2.17
Mínimo	3.09	2.47	69	4.46
Maximo	6.68	5.56	93.50	16.50
Percentil 25	4.26	3.58	80.30	8.02
Percentil 50	4.81	3.96	83.40	9.28
Percentil 75	5.14	4.28	87.55	11.18

L= Litros m= minutos

El Cuadro N°5 corresponde a la reproducibilidad de las espirometrias en los trabajadores del Circuito de Plomo: el promedio de la CVF es de 4.75 litros, el VEF1 es de 3.96 litros, la relación VEF1/CVF es de 83.58% y el PEF es de 9.48 litros/segundo.

CUADRO N° 6: VALORES ESPIROMETRICOS DE FVC, FEV1, PEF, FEV1/FVC, EN SUJETOS QUE LABORAN EN EL COMPLEJO METALURGICO DE LA OROYA (3730 m.s.n.m) – CIRCUITO DE TRABAJO COBRE

Estadígrafos	FVC(L)	FEV1(L)	FEV1/FVC	PEF(L/seg.)
Media	4.88	4.01	82.37	9.29
Mediana	4.85	4.01	83.70	9.23
Desviación Estándar (DS)	0.77	0.60	5.69	2.06
Mínimo	2.83	2.50	65	4.24
Máximo	6.99	5.78	93.30	14.77
Percentil 25	4.32	3.62	79.35	7.84
Percentil 50	4.85	4.01	83.70	9.23
Percentil 75	5.40	4.38	86.00	10.89

L= Litros m= minutos

En el Cuadro N°6, se observan los resultados de la espirometría de los trabajadores del Circuito de Cobre: la CVF el promedio es de 4.88 litros, el VEF1 es de 4.01 litros, la relación VEF1/CVF es de 82.37%, y el PEF es de 9.29 litros/segundo.

CUADRO N° 7 : VALORES ESPIROMETRICOS DE FVC, FEV1, PEF, FEV1/FVC, EN SUJETOS QUE LABORAN EN EL COMPLEJO METALURGICO DE LA OROYA (3730 m.s.n.m)

Estadísticos	FVC(L)	FEV1(L)	FEV1/FVC	PEF(L/seg.)
Media	4.83	4.02	83.45	9.46
Mediana	4.82	4.01	83.9	9.44
DesviaciónEstándar (DS)	0.72	0.57	5.28	2.15
Mínimo	2.83	2.47	65	4.07
Maximo	6.99	5.79	99.3	16.5
Percentil 25	4.3	3.61	80.4	7.96
Percentil 50	4.82	4.01	83.9	9.44
Percentil 75	5.26	4.37	86.9	10.96

L= Litros m= minutos

En el cuadro N° 7 Muestra los resultados espirométricos de los trabajadores del Complejo Metalúrgico, los valores de FVC es de: (4.83 ± 0.72) litros); FEV1 (4.02 ± 0.57) litros); PEF (9.46 ± 2.15) litros / minutos); relación FEV1/FVC $(83.45 \pm 5.28\%)$.

De igual forma se observa que el valor mínimo de la FVC registrado es 2.83 litros, el valor máximo es de 6.99 litros y el 75% de los sujetos tienen una FVC de hasta 5.26 litros. Por otro lado, se observa que el cociente FEV1/FVC promedio, es de 83.45%.

Asimismo también se realizó la distribución de la frecuencia FVC, en litros obteniéndose una distribución de la curva normal como se aprecia en la figura No.1.

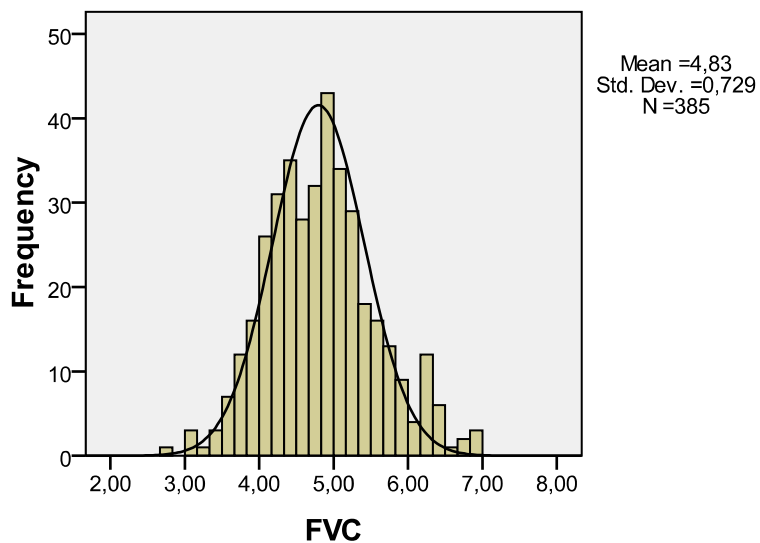


GRAFICO N° 1: DISTRIBUCION DE LAS FRECUENCIAS DE LA FVC EN LITROS EN SUJETOS QUE LABORAN EN EL COMPLEJO METALURGICO DE LA OROYA (3730 m.s.n.m.)

CUADRO N° 8: INFORMACION ESPIROMETRICA Y ESTADISTICA DE LOS TRABAJADORES QUE LABORAN EN EL COMPLEJO METALURGICO DE LA OROYA (3730 m.s.n.m) SEGÚN GRUPOS ETARIOS

Variables	Grupo etario	n	Media	Desviación Std.	I.C. 95% para la media		Min.	Max.
					LI	LS		
FVC	20 – 30	4	5.93	0.87	4.53	7.33	4.65	6.62
	31 – 40	54	5.19	0.67	5	5.37	3.98	6.99
	41 – 50	154	4.86	0.68	4.75	4.97	3.12	6.84
	51 – 60	173	4.67	0.72	4.56	4.77	2.83	6.68
	TOTAL	385	4.83	0.72	4.76	4.9	2.83	6.99
FEV1	20 – 30	4	5.01	0.77	3.78	6.23	4.26	5.78
	31 – 40	54	4.3	0.49	4.16	4.44	3.34	5.59
	41 – 50	154	4.08	0.55	4	4.17	2.74	5.79
	51 – 60	173	3.84	0.53	3.76	3.92	2.47	5.3
	TOTAL	385	4.02	0.57	3.96	4.07	2.47	5.79
FEV1/FVC	20 – 30	4	85.05	11.72	66.39	103.7	69	95.5
	31 – 40	54	83.26	5.85	81.67	54.86	69.4	99.3
	41 – 50	154	84.26	4.5	83.54	84.98	68.6	95.9
	51 – 60	173	82.74	5.5	81.92	83.57	65	93.3
	TOTAL	385	83.45	5.28	82.92	83.98	65	99.3
PEF	20 -30	4	11.93	1.86	8.97	14.89	10.06	14.51
	31 – 40	54	10.59	2.01	10.04	11.14	6.42	15.48
	41 – 50	154	9.73	2.15	9.39	10.08	4.73	16.5
	51 – 60	173	8.81	1.96	8.51	9.1	4.07	13.53
	TOTAL	385	9.46	2.15	9.25	9.68	4.07	16.5

En el Cuadro 8, se observa que la Capacidad Vital Forzada comienza a disminuir desde los 20 años de edad, lo mismo ocurre con los resultados del VEF1, consecuentemente ocurre lo mismo con la relación VEF1/CVF, y el PEF.

4.2 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizó el estudio de la medición de la función respiratoria por espirometría en trabajadores del Complejo Metalúrgico de la Ciudad de la Oroya Provincia de Yauli a 3,730 m.s.n.m. En el estudio, se ha considerado que los participantes sanos desde el punto de vista clínico, hallan nacido y/o que residan en altura con un tiempo mayor a 5 años, para no tener sesgo en los resultados.

En nuestro estudio el 5.2% fueron catalogados como portadores de proceso obstructivo leve, es decir la relación VEF1/FVC se encontró reducida (menor del límite inferior de la normalidad, menor al 70%), esto significa que la resistencia al flujo de aire está aumentada y durante el primer segundo de la exhalación forzada sale menos aire de lo normal, como se observa en los casos de asma bronquial; y el 0.2%, fueron catalogados como portadores de probable proceso restrictivo, se sospecha de éste proceso cuando la FVC está por debajo de límite inferior de la normalidad, la relación VEF1/FVC se encuentra por encima del límite inferior de la normalidad y la curva flujo volumen presenta una morfología convexa. El patrón restrictivo se refiere a un pulmón pequeño como se observa en problemas de tipo intersticiales ó fibrosantes del pulmón.

Al observar los resultados de la medición de la capacidad vital forzada (FVC), el promedio de los trabajadores que laboran en el Complejo Metalúrgico de la Oroya es de 4.83 litros; en forma similar observamos que el Volumen Espiratorio Forzado en el primer segundo (FEV1) para los trabajadores del Complejo, el resultado promedio es de 4.02 litros también observamos los resultados en la relación Volumen Espiratorio Forzado en el primer segundo sobre la Capacidad Vital Forzada (FEV1/FVC) es de 83.45%, también se observa la misma correlación y en cuanto al PEF (flujo espiratorio pico), éste resultado está relacionado con la fuerza de los músculos respiratorios, el

resultado promedio de los trabajadores que laboran en el complejo es de 9.46 litros/segundo.

Se observa además que la FVC, el FV1, el PEF, empieza a disminuir en promedio desde los 20 años de edad lo que se encuentran en los cuadros respectivos, y que ello concuerda con los estudios realizados por Pérez Padilla (Pérez Padilla et al. 2007). Asociación Latinoamericana del Tórax: Manual para el uso y la interpretación de la espirometría por el Médico). En la cual se observan los valores referenciales para varones mexicano americanos.

Si realizamos las comparaciones de la CFV con valores de referencia NHANES, (National Health and Nutrition Evaluation Survey, (Pérez Padilla et al, 2007). Tomando como referencia los promedios de personas varones de 20 a 60 años de edad y de 1.65 m. de talla, se encuentra en una altitud promedio de 2,240 m.s.n.m. encontramos que para la CVF, nuestros resultados fueron 8.91 % mayores; en cuanto a los valores de VEF1, nuestros resultados fueron 11.15 % mayores y para la relación VEF1/CVF , nuestros resultados fueron 2.58% mayores.

Al observar otros estudios como el de Knudson (Diez Herranz, 2010), tomando como referencia de población europea en un rango de edades de 20 a 80 años, con un promedio de 45 años de edad y 1.75 m. de altura, se encontró que la CVF de los trabajadores del complejo metalúrgico de la Oroya, es mayor en 9.74 % y la CVF1 es mayor en 9.96 %. La capacidad pulmonar de los trabajadores en estudio es mayor, los factores de altitud y menor presión barométrica, hacen de que los habitantes de zonas de altura se encuentren adaptados a estas condiciones ambientales, que inciden en la mayor capacidad torácica condicionando que los valores de espirometría sean mayores que otras poblaciones que viven en zonas de baja altitud.

Al comparar los resultados del estudio de espirometría de nuestros trabajadores con los trabajadores mexicanos que demandaban incapacidad: Pérez-Padilla (2001), la CVF de

los trabajadores del Complejo metalúrgico de la Oroya es mayor en 13.03 %, LA FEV1 es mayor en 17.92%., La relación FEV1/CVF es mayor en 4.50 %.

Al observar y comparar nuestros resultados con los resultados en trabajadores colombianos (Rojas y Dennis 2010), la CVF de nuestros trabajadores fue mayor en 1.87 %, la FEV1, fue mayor en 4.1%, y la relación CVF1/CVF, fue mayor en 3.99 %.

De igual manera al comparar nuestros resultados con el estudio realizado en el estado de Carabobo Venezuela el año 2002, a 667 m.s.n.m., que estudió a una población de 18 a 80 años de edad, cuya edad promedio fue de 32 años, y talla de 1.71 m. Tenemos: (Rodríguez, 2002), que la FVC de nuestros trabajadores fue de 1.65% menor. La FEV1 fue de 2.98 % menor. La relación VEF1/CVF: de nuestros trabajadores fue 1.01% menor, El PEF de nuestros trabajadores fue 7.4 % mayor.

Se tiene que tener en cuenta que el promedio de edad de la población estudiada en Carabobo fue significativamente menor que el promedio de edad de nuestros trabajadores, de allí la explicación de por qué es que nuestros valores han sido algo menores., sin embargo el PEF de nuestros trabajadores fue mayor en aproximadamente 8%, ello significa que nuestros trabajadores tiene mayor fuerza muscular al realizar la prueba respectiva.

Los resultados fueron discordantes con lo reportado por Meza García Mónica et al. (2002). Se encontró que la función pulmonar en trabajadores de una mina de zinc, cobre y plata a 4,200 m.s.n.m. en Casapalca, Perú fue mayor en 6.41%, la FEV1 fue mayor en 0.99 % y la relación del FEV1/CVF los resultados de nuestro estudio fue mayor en 4.98 %. En el mismo sentido, el PEF de nuestros estudio fue mayor en 1.7%.

Estas ligeras diferencias podrían ser explicadas por la diferencia de altitud, Casapalca (4,200 m.s.n.m), y la Oroya se encuentra a (3730 m.s.n.m).

Por otro lado, si comparamos nuestros resultados con los resultados publicados por Valenzuela (2004), se observa que la CVF fue menor que nuestro estudio en 1.66 %, el

VEF1 fue mayor en 4.97 %. La relación VEF1/CVF fue mayor en 6.77% comparado con nuestros resultados; cabe precisar que la población del estudio de Valenzuela fue de 20 a 40 años, a diferencia de nuestros trabajadores, fue de 20 a 60 años de edad, que explicarían estos resultados.

Al realizar las espirometrías a nuestros trabajadores y utilizar los espirómetros que contienen valores de referencia que se encuentran predeterminados en el software de los equipos, es de esperar que los resultados se encuentren un número importante de examen espirométrico dados como normal, de tal manera que puede catalogarse por error como "sano" a un paciente con función pulmonar baja, puesto que aún no contamos con valores referenciales estandarizados para una población de altura, por lo que se debe de realizar estudios de mayor población a fin de contar con valores espirométrico para la población que vive y trabaja en zonas de altura.

Entre las características fisiológicas y cardiopulmonares descritas en los individuos de altura, se señalan: desde el punto de vista de la función respiratoria, un aumento de la ventilación pulmonar, de los volúmenes pulmonares, tanto estáticos como dinámicos, el aumento de la relación volumen residual/capacidad total pulmonar, y la capacidad de difusión (Agencia Americana para sustancias tóxicas y registro de enfermedades, 1998), el ambiente de altura es un complejo ecológico multifactorial no solo por la disminución de la presión barométrica y la consiguiente hipoxia, sino también por el aire frío y seco, los cambios en los hábitos de alimentación, el hábitat y las costumbres de sus habitantes, son factores que de una u otra manera intervienen en el proceso de aclimatación y consecuentemente en adaptación a esos cambios fisiológicos que se da en el organismo en sujetos que se desarrollan en zona de altura.

La mayoría de los estudios en relación a la vida de altura apoyan la hipótesis de una contribución genética para el desarrollo de un tórax más grande en poblaciones andinas. Sin descartar el factor ambiental, la capacidad vital pulmonar en los residentes de altura depende del tiempo de vida en que se inició la aclimatación, si ésta comienza lo suficientemente temprano, la capacidad vital de los residentes de altura será mayor y

cuanto más antes se realice la aclimatación, se tendrá mejor adaptación pulmonar, por ello son importantes los primeros años de vida para determinar la función pulmonar del adulto. No obstante, la contribución genética es importante, algunos animales y los tibetanos han logrado un cambio en su código genético que les permite una adaptación completa al ambiente hipóxico.

El estudio puede tener como limitación el haber sido conducido en una población de trabajadores de una sola empresa sin embargo, se considera que esta muestra puede ser representativa de una población “sana” en altura, ya que se incluyó en el estudio una mezcla de trabajadores es decir obreros, empleados y profesionales que prestan servicios en el complejo metalúrgico.

Otro hecho importante a mencionar es que el poblador andino, no tiene el hábito de fumar cigarrillos, lo cual puede ser una de las causas que no se observe con frecuencia el cuadro clínico de enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), situación que es diferente a poblaciones que residen en lugares de la zona costera de nuestro País.

En el complejo metalúrgico a través del área de seguridad e higiene industrial se llevan a cabo los monitoreos de diferentes agentes químicos contaminantes a fin de cumplir con las normas para cada uno de ellos, tal como se muestra en el cuadro adjunto (anexos). Esto nos demuestra de que los trabajadores que laboran en el complejo metalúrgico, y que están expuestos a diferentes agentes externos (Polución, gases sulfurosos, material particulado, SO₂, metales pesados etc.), no tienen incidencia en el menoscabo de la función respiratoria y los valores encontrados respaldan el presente estudio, lo que se observa en las diferentes variables haciendo también una correlación en los diferentes grupos etarios.

Al evaluar espirometrías en trabajadores de zonas de altura se deben de tener en cuenta que los resultados van a ser más altos que los promedios realizados en otros estudios que se encuentran en las tablas de valores predichos. De acuerdo a ello se requiere ampliar

los estudios en zonas de altura en el Perú y poder validarlos a fin de contar con valores referenciales idóneos para nuestra población.

CONCLUSIONES

- La capacidad vital forzada (CVF) de los trabajadores del complejo metalúrgico de la Oroya es normal en los diferentes grupos etarios.
- La FEV1 también muestra valores Normales en los diversos grupos etarios en la población laboral.
- La relación FEV1/FVC del promedio de los trabajadores del complejo fue de 83.45%.
- El PEF de los trabajadores del complejo fue de 9.46 l/segundo, este resultado mide la fuerza de los músculos respiratorios.
- El volumen pulmonar de los trabajadores comienza a disminuir desde los 20 años de edad.
- El 5.2% de la población estudiada es portadora de procesos obstructivos leves.
- El 0.2% de la población laboral es portadora de probable proceso restrictivo.
- Se ha logrado establecer una aproximación a la tabla de valores normales, para evaluar la función pulmonar en trabajadores de zona de altura en el Perú a un nivel de altitud de 3,730 m.s.n.m.

RECOMENDACIONES

- Se sugiere a los empleadores, el cumplimiento de los trabajadores del uso correcto de los equipos protectores respiratorios en sus áreas de trabajo, con lo cual se realiza la prevención de posibles causas de enfermedades pulmonares ocupacionales.
- Se sugiere a la alta dirección del Ministerio de Salud en coordinación con el Ministerio de Trabajo, desarrollar estudios similares a fin de contar con valores referenciales de pruebas de espirometría de los trabajadores según nivel de altitud.
- Se sugiere que las Empresas en general realicen este tipo de evaluación a sus trabajadores sin excepción, con el fin de tener resultados de evaluaciones desde el punto de vista de la función ventilatoria y realizar seguimientos en el tiempo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acero Colmenares, Rafael. (1998). "Enfermedades Pulmonares relacionadas con la altura" Neumología 5° edición Medellín Colombia, Cap.: 19; pág.:40-42. Corporación para investigaciones Médicas.
- Agencia Americana Para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades United States Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (ATSDR), (1998). Toxicological profile for sulfur dioxide. U.S. Public Health Service, Department of Health and Human Services, Agency for Toxic substances and Disease Registry, Atlanta, GA.
- American Thoracic Society. (2001). Lung function testing: selection of reference values and interpretative strategies. American Review of Respiratory Disease, Vol. 144, No. 5 pp. 1202-1218.
- American Thoracic Society. Standarization Of spirometry (1994). Update. Am J. Respir Criticare Med. 1995; 152: 1107-1136.
- Burgos F, Roca J, J. Sunyers J, Saez M, Chinn S, Antó J.M., Rodriguez-Roisin, R., Quanjer Ph.H, Nowak D., Burney P., (1998), Reference Values for forced spirometry. European Respiratory Journal 1998. 11: 1354 -1362.
- Casan P, Togores B, Giner J, Nerin I, Drobnic F, Borderias L, Caminero J, Duce F, Agusti AG. (1999) Lack of effects of moderate-high altitude upon lung function in healthy middle-aged volunteers. Respir Med. Oct; 93(10): 739-43.
- CDC. (2005). Development of an integrated intervention plan to reduce exposure to lead and other contaminants in the mining center of La Oroya, Peru Prepared for the U.S. Agency for International Development, Peru Mission. U.S. Department of Health and Human Services, Center of Disease Registry Division of Emergency and Environmental Health Service, Atlanta, GA.
- CONAM. 2001. Reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental del aire. Decreto Supremo N° 074-2001-PCM. Consejo Nacional del Ambiente. Lima, Perú.
- CONAM. 2008. Estándar de calidad ambiental para compuestos orgánicos volátiles (COV); hidrocarburos totales (HT); y material particulado con diámetro menor a 2.5 micras (PM2.5). Decreto Supremo N°. 2008-PCM. Consejo Nacional del Ambiente. Lima, Perú.

- Cosío Z. Gabriel. (1972). Características Hemáticas y Cardiopulmonares del minero andino. Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana (OSP); 72(6):547-557.
- D.S. 015-2005-SA. (2005). “Valores límite permisibles para agentes químicos en el ambiente de trabajo”.
- D.S. 03-94-EM, Art.290. (1994). REGLAMENTO DE DIVERSOS TITULOS DEL TEXTO UNICO ORDENADO DE LA LEY GENERAL DE MINERIA.
- D.S. 055-2010-EM. (2010). Reglamento de Seguridad y salud Ocupacional en Minería.
- Decreto Supremo N° 003-2008- MINAM. (2008). Estándares de Calidad Ambiental para Aire.
- Decreto supremo N° 005-2012 TR. (2012). Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Diez Herranz Antonio, (2010), Neumólogo. Gabinete Medico López Gómez, Valladolid., recuperado de www.socalpar.es/cursos_documentos/espirometrias_teoricos_doc.
- Galdíz Juan B., Martinez Llorenz Juana. (2013)., Nuevos valores espirométricos de referencia. Archivos de Bronconeumología, 49(9): 388-401.
- Gradient Corporation. 2004. Comparison of human health risk associated with lead, arsenic, cadmium, and SO₂ in La Oroya Antigua, Peru. Prepared for Doe Run Peru.
- Graham, J.A., and L. Folinsbee, J.M. Davis, j. Raub, and Id. Grant. 1999. Critical Health issues of criteria air pollutants. Toxicol. Lung 3:365-397.
- Guía de NIOSH sobre entrenamiento en espirometría. (2007). Elaborado por: CDC/ Centro para el control y prevención de enfermedades, Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional/ NIOSH, división de Estudios de Enfermedades Respiratorias, Departamento de vigilancia epidemiológica Morgantown, Virginia Occidental 26505 y EL INSTITUTO NACIONAL DE ENFERMEDADES RESPIRATORIAS México DF, México.
- Guías de evaluación Medico Ocupacional del Ministerio de salud GEMO 004,006,007,008. Recuperado de www.usmp.edu.pe/...GEMO-003 GUIA DE EVALUACION

- Hankinson John L, Odenkrantz John R, Fedan Kathleen B. (1999), Spirometric reference values from a sample of the general U.S. population. Am j respire Crit Care Med 1999; 159: 179-187.
- Hankinson John L, Kawut Steven M, Shahar Eyal., Smith Lewis J., Hinckley Stukovsky Karen MS., and Graham Barr R.(2010) Performance of American Thoracic Society – Recommended Spirometry Reference Values in a multiethnic Sample of Adults, Chest 2010 January; 137 (1): 138-145.
- Harik-Khan Raida I., Jerome R Fleg., Muller Dennis C., Wiese A. (2001). Effect of Anthropometric and Socioeconomic Factors on the racial difference in lung function. Am J Respir Crit Care Med. 164: 1647-1654.
- Integral Consulting INC. 2005a. Human health risk assessment report, La Oroya metallurgical complex. Prepared for Doe run Peru. Integral Consulting Inc. Mercer Island, WA.
- Integral Consulting Inc. 2005b. Human health risk assessment, La Oroya metallurgical complex: Sampling and analysis plan. Prepared for Doe Run Peru. Versions 1 and 2, prepared in March and May, 2005. Integral Consulting Inc., Mercer Island, WA.
- Integral Consulting Inc. 7900 SE 28th Street Suite 410 Mercer Island, WA 98040 EEUU. (2008), Estudio Complementario de Riesgos A La Salud Humana, Complejo Metalúrgico de la Oroya.
- Klaassen, C.D. Ed. (2001). Casarett and Doull's toxicology: the basic science of poisons. SIXTH Edition. McGraw-Hill Companies, Inc. New York. Pp. 1236.
- Knudson RJ, Lebowitz MD, Holberg CJ, Burrows B. (1983). Changes in the normal maximal expiratory flow-volume curve with growth and aging. Am Rev Respir Dis 1983 Jun; 127 (6): 725 – 734.
- Ley 29783 Ley de Seguridad y Salud en el trabajo, 2011.
- Lisanty Raúl (2001). Comparación de las pruebas de función pulmonar en población adulta, sana de la provincia de Mendoza, Argentina, con valores de referencia Internacionales. Revista Americana de Medicina Respiratoria 2014; 1: 10-19.
- Márquez María Nelly, Pérez Padilla Rogelio, Muiño Adriana, : (2010), Manual de entrenamiento en espirometría, ALAT, recuperado de www.alatorax.org/...actual.../manual-de-entrenamiento-en-espirometria2

- Marticorena Emilio A, (1997). Entidades nosológicas de desadaptación aguda a la altura, Anales de la Facultad de Medicina, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Volumen 58, N°2.
- Melgarejo Pomar, Ingrid Gaby. Soria Sánchez, Rudy. Orosco Daniel, Villanueva Wilmer. (2010). Estudio Funcional respiratorio en agentes de parada de la policía Boliviana la Paz y el Alto, expuestos a la contaminación ambiental. BIOFARBO v.18 n.1.
- Meza de Giraldo Ligia; Bouzas María Josefa. (1997). Prevalencia de síntomas respiratorios en trabajadores expuestos a material particulado. Colombia Médica Vol. 28 N° 2, pp: 62-66.
- Meza García Mónica Campos, Meza Jenny, Mendoza Requena Daniel, Accinelli Tanaka Roberto, (2002). Función pulmonar en trabajadores de una mina de zinc, cobre y plata a 4200 msnm en Casapalca, Perú: Impacto del uso de broncodilatador y del tiempo de trabajo en la mina. “Enfermedades del tórax, revista de la Sociedad Peruana de Neumología, Vol. 45, Pág.: 33-39.
- Orozco Manso, Jorge Esteban, Kuper Herrera Sheyla, Valdivieso Valdivieso Juan Pablo. (2006). Utilidad de la Espirometría Forzada en la consulta de Neumología del Instituto Nacional de Salud de los trabajadores. Revista Cubana de Salud y Trabajo 2008; 9 (1): 3-6
- Pérez Padilla JR e investigadores del proyecto EMPECE. (1997), Metodología de la realización de espirometrías en el proyecto EMPECE. LXXXIV Reunión Reglamentaria de la asociación de investigación Pediátrica; 1997 6-7 de Junio; Santa cruz, Tlaxcala, México.
- Pérez Padilla Rogelio, Muiño Adriana, Valdivia Gonzalo, Et Al. (2006), Archivos de Bronco neumología Vol. 42, Núm. 07, Julio 2006. Valores de referencia espirométrica en 5 grandes Ciudades de Latinoamérica para sujetos de 40 o más años de edad.
- Pérez Padilla Rogelio, M.C, Regalado-Pineda, Justino, M. en C., Vásquez García, Juan Carlos, M. en C. (2001). Reproducibilidad de espirometrías en trabajadores Mexicanos y valores de referencias internacionales. Salud pública México 2001: 43; 113-121.
- Pérez Padilla Rogelio, Vásquez García Juan Carlos, (2007) Asociación Latinoamericana del Tórax, (ALAT) Manual para el uso y la interpretación de la espirometría por el Médico.
- Quanjer PH, Ed (1983). Standardized lung function testing. Bull Eur physiopathology Resp. Suplemento 5: 1-95

- R.M. 069-2011-MINSA (2011). "Evaluación y calificación de la invalidez por accidentes de trabajo en enfermedades profesionales".
- Rodríguez Lastra, Thielen G., Vanessa, Soto P. Millicent, Nóbrega Uzcategui Milagro. (2002). Valores espirométricos de referencia para la población adulta aparentemente sana en el estado de Carabobo. Revista de la Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad de Carabobo. Agosto 2004. Vol. 8 - N° 2.
- Rojas María Ximena, Dennis Rodolfo José. (2010). Valores de referencia para parámetros de espirometría en la población adulta residente en Bogotá, DC., Colombia. Revista Biomédica, 30:82-94.
- Resolución Suprema N° 014-93-TR. (1993). Adoptan los lineamientos para evaluación y diagnóstico de la Neumoconiosis de la clasificación Radiográfica Internacional de la OIT, en NORMAS LEGALES, El Peruano pg. 117-203.
- Sanabria Rojas Hernan A. (2005), Metodología de la investigación científica, Departamento Académico de Medicina Preventiva y Salud Pública Facultad de Medicina de San Fernando UNMSM.
- SEPAR. (1985), Normativa para la espirometría forzada. Barcelona, Ediciones Doyma, SA. Recuperado de: www.archbronconeumol.org/
- SONAMINPET.- Manuel de Normas Mineras, (1994). Artículos 278°, 281°, 282°, 283°, 284°, 285°, B141-142.
- Tamayo Calderón José, (2002) "Aspectos teóricos conceptuales" Estrategias para diseñar y desarrollar proyectos de investigación en Ciencia de la Salud. Perú-2002, Cap.: 1; Pág.: 3-43.
- Torre-Bouscoulet Luis, Pérez Padilla Rogelio (2006), Ajuste de varias ecuaciones de referencia Espirométrica a una muestra poblacional en México. Grupo de trabajo del estudio Platino en México, Salud Pública Mex. 2006; 48: 466:473.
- Toxicological profile for sulfur dioxide. U.S. Public Health Service, Department of Health and Human Services, Agency for Toxic substances and Disease Registry, Atlanta, (1998). GA.
- Valenzuela Bejarano, Manuel Andrés, Ramos Martínez Elizabeth. (2004). "Medición de la capacidad Vital Forzada por espirometria en habitantes adultos naturales de Junín (4,105 m.s.n.m), Revista de la Sociedad Peruana de Neumología Vol. 48 N°. 2.

- Vargas P, Enrique. Villena C, Mercedes. Castillo Gloria, Ana María de Quiroga, Contreras Gladys. Fisiología de la adaptación respiratoria a la vida en Altura. Recuperado de: saludpublica.bvsp.org.bo.
- Vásquez García Juan Carlos, Pérez Padilla Rogelio. (2007). Manual para el uso y la interpretación de la espirometría por el Médico. Asociación latinoamericana del Tórax ALAT. Primera edición.
- Vásquez Loayza, Moisés. (1990), " Aspectos neurológicos de la inadaptación a la altura", Actas del quinto Congreso Nacional de Medicina de Altura, Hospital de Chulec, La Oroya-Perú Concytec; Cap.: III: pág. 249-254.
- Velez A. Herman, Rojas M. William, Borrero R, Jaime. Restrepo M, Jorge. (2007). Fundamentos de Neumología, sexta edición, Medellín Colombia. Corporación para investigaciones Médicas.
- Villena, Mercedes; Vargas Enrique; Villena de Rodríguez Nancy; Beaulieu, Pierre "Mecánica ventilatoria en pacientes con eritrocitosis de altura". (1978). Actas de la primeras jornadas de medicina y cirugía de la altura, La Oroya Perú. Cap.: 19; Pág.: 141-146.
- Yumpo Castañeda, Daniel. (2002). Estudio de "valores de referencia de gases arteriales en población de altura" Hospital D.A. Carrión Huancayo, enfermedades del tórax, revista de la Sociedad Peruana de Neumología. Vol.45 pág. (141-146)
- Zubieta Castillo G. Zubieta Calleja GR, Zubieta Calleja L, Zubieta Calleja N. (2011). Evolución de los conocimientos sobre la altura Rev. Amer. Med. Respiratoria vol. 11 N° 1: 5.
- Zubieta Castillo, Gustavo. Eritrocitosis aguda, EPOC y síndrome de triple hipoxia, (1990). Actas del Quinto congreso Nacional de medicina de altura, Hospital de Chulec, La Oroya, Perú –Concytec; Cáp.: II; pág.: 135-136.

ANEXOS**ANEXO N° 1: CUESTIONARIO DE ESPIROMETRIA**

REGISTRO N° -----FECHA----- Servidor DRP SI ☐ No ☐
 NOMBRE; ----- tiempo de Trabajo: -----
 Ocupación: -----
 FECHA DE NACIMIENTO: ----- EDAD -----SEXO: -----
 -

**PREGUNTAS PARA TODOS LOS CANDIDATOS A ESPIROMETRIA
 (RELACIONADAS A CRITERIOS DE EXCLUSION)**

1. Tuvo desprendimiento de retina o una operación (cirugía) SI ☐ NO ☐
 ¿De los ojos, tórax ò abdomen en los últimos 3 meses?
2. Ha tenido algún ataque cardiaco o infarto al corazón en SI ☐ NO ☐
 los últimos 3 meses?
3. ¿Ha tenido algún ataque cardiaco o infarto al corazón en los ☐ ☐
 los últimos 3 meses? SI NO
4. ¿Está usando actualmente medicamentos para la ☐ ☐
 Tuberculosis? SI NO
5. Ha tenido tos con expectoración sanguinolenta SI ☐ NO ☐
 últimamente
6. Ha sido sometido alguna cirugía en los últimos 3 meses ? SI ☐ NO ☐

**PREGUNTAS PARA TODOS LOS ENTREVISTADOS QUE NO TIENE CRITERIOS
 DE EXCLUSION**

		SI	NO
1	Tuvo una infección respiratoria (resfriado) en las últimas 3 semanas?		
2	Tuvo infección en el oído en las últimas 3 semanas?		
3	Usò spray inhalados ò broncodilatadores en las últimas 3 horas		
4	Ha usado algún medicamento brocodilatador en las últimas 8 horas		
5	¿Fumò cualquier tipo de cigarrillo en las últimas 2 horas (SI) cuantos		
6	Realizo algún ejercicio fuerte en la última hora?		
7	¿Comio en la última hora?		
8	Fuma cigarrillos		
9	Si es fumador fuma mas de 1 cajetilla al dia		

PA: FC; Sat.O2.
 Peso: Talla. IMC:

ANEXO Nº 2 .- VALORES PREDICHOS PARA FEV1 Y FVC EN VARONES DE 1.70 M DE ALTURA DERIVADAS DE DIFERENTES ECUACIONES DE REFERENCIA.

FVC						FV1				
Edad	Morris	Chernia	Crapo	Knudson	ECCS	Morris	Cherniak	Crapo	Knudson	Eccs
Años.	k									
20	5.17	4.63	5.11	4.96	4.93	4.25	4.13	4.35	4.20	4.14
30	4.92	4.49	4.90	4.66	4.67	3.92	3.90	4.11	3.91	3.83
40	4.67	4.35	4.69	4.36	4.41	3.60	3.67	3.87	3.62	3.52
50	4.42	4.21	4.48	4.06	4.15	3.29	3.44	3.63	3.33	3.21
60	4.17	4.07	4.27	3.76	3.89	2.97	3.21	3.39	3.04	2.90
70	3.92	3.93	4.06	3.46	3.63	2.65	2.98	3.15	2.75	2.59
80	3.67	3.79	3.85	3.16	3.37	2.33	2.75	2.91	2.48	2.28

***Fuente.** Antonio Diez Herranz. Neumólogo. Gabinete Medico López Gómez. Valladolid*

En la presente tabla se observa que a partir de los 20 años de edad la CVF y el VEF1 comienzan a disminuir los valores de dichos parámetros.

ANEXO N° 3

**MONITOREO ALEATORIO DE AGENTES QUIMICOS CONTAMINANTES EN AMBIENTES DE TRABAJO
PLOMO (0.200 mg/m3), CADMIO (0.010 mg/m3), ARSENICO (0.050 mg/m3) CIRCUITO DE PLOMO: HORNOS
DE PLOMO-PISO E SOPLOS Y COLADA). DOE RUN PERU 2013.**

PUESTO DE TRABAJO			Laboratorio Mg /muestra.			Laboratorio Blanco Mg/muestra			CONCENTRACION DE ACUERDO AL TIEMPO MEDIDO (mg/m3)			CONCENTRACION PROMEDIO PARA 8 HORAS (mg/m3)		
	TURNO	FECHA	Pb.	Cd.	As.	Pb.	Cd.	As.	Pb	Cd	As	Pb	Cd	As
												0.05	0.010	0.500
OPERADOR PICADOR DE TOBERAS	A	14-05-13	0.07	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.080	0.000	0.000	0.054	0.004	0.004
	B	14-05-13	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.013	0.000	0.000	0.012	0.004	0.004
	A	15-05-13	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.013	0.000	0.000	0.012	0.004	0.004
	B	15-05-13	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.013	0.000	0.000	0.012	0.004	0.004
	A	15-05-13	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.040	0.000	0.000	0.029	0.004	0.004
	B	16-05-13	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.013	0.000	0.000	0.012	0.004	0.004
	PROMEDIO								0.029	0.000	0.000	0.022	0.004	0.004
OPERADOR TAPADOR DE PRIMERA	A	14/05/13	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.013	0.000	0.012	0.004	0.004
	B	14/05/13	0.06	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.067	0.000	0.045	0.004	0.004
	C	15/05/13	0.06	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.067	0.000	0.045	0.004	0.004
	A	15/05/13	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.027	0.000	0.020	0.004	0.004
	B	16/05/13	0.06	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.067	0.000	0.045	0.004	0.004
	C	16/05/13	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.027	0.000	0.020	0.004	0.004
	PROMEDIO											0.032	0.004	0.004
OPERADOR CANAL DE GRANULACION	A	14/05/13	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.027	0.000	0.000	0.020	0.004	0.004
	B	14/05/13	0.07	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.080	0.000	0.000	0.054	0.004	0.004
	C	15/05/13	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.013	0.000	0.000	0.012	0.004	0.004
	A	15/05/13	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.040	0.000	0.000	0.029	0.004	0.004
	B	16/05/13	0.08	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.093	0.000	0.000	0.062	0.004	0.004
	C	16/05/13	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.027	0.000	0.000	0.020	0.004	0.004
	PROMEDIO								0.024	0.000	0.013	0.019	0.004	0.012

Fuente. Datos elaborados por el Dpto. de Seguridad e Higiene Doe Run Perú. S.R.L. 2013.

**ANEXO N° 4 .-VALORES DE REFERENCIA NHANES, PARA VARONES
MEXICOAMERICANOS**

**14.5 VALORES DE REFERENCIA NHANES, PARA VARONES
MEXICOAMERICANOS**

Talla cm	Edad	FEV ₁ L	FEV ₁ LIN	FVC L	FVC LIN	FEV ₁ /FVC %	FEV ₁ /FVC LIN
160	20	3.91	3.29	4.55	3.81	85.7	76.4
	25	3.77	3.14	4.46	3.73	84.6	75.3
	30	3.62	3.00	4.37	3.63	83.5	74.3
	35	3.47	2.85	4.27	3.53	82.4	73.2
	40	3.33	2.70	4.15	3.42	81.3	72.1
	45	3.18	2.56	4.03	3.29	80.2	71.0
	50	3.03	2.41	3.90	3.16	79.1	69.9
	55	2.89	2.26	3.76	3.02	78.0	68.8
	60	2.74	2.12	3.61	2.87	76.9	67.7
	65	2.59	1.97	3.45	2.72	75.8	66.6
165	70	2.45	1.82	3.28	2.55	74.7	65.5
	20	4.16	3.49	4.84	4.06	85.7	76.4
	25	4.01	3.35	4.75	3.97	84.6	75.3
	30	3.86	3.20	4.66	3.88	83.5	74.3
	35	3.72	3.06	4.56	3.77	82.4	73.2
	40	3.57	2.91	4.44	3.66	81.3	72.1
	45	3.43	2.76	4.32	3.54	80.2	71.0
	50	3.28	2.62	4.19	3.41	79.1	69.9
	55	3.13	2.47	4.05	3.27	78.0	68.8
	60	2.99	2.32	3.90	3.12	76.9	67.7
170	65	2.84	2.18	3.74	2.96	75.8	66.6
	70	2.69	2.03	3.57	2.79	74.7	65.5
	20	4.41	3.71	5.14	4.31	85.7	76.4
	25	4.26	3.56	5.05	4.22	84.6	75.3
	30	4.12	3.41	4.96	4.13	83.5	74.3
	35	3.97	3.27	4.85	4.02	82.4	73.2
	40	3.82	3.12	4.74	3.91	81.3	72.1
	45	3.68	2.97	4.62	3.79	80.2	71.0
	50	3.53	2.83	4.49	3.66	79.1	69.9
	55	3.39	2.68	4.35	3.52	78.0	68.8
175	60	3.24	2.54	4.20	3.37	76.9	67.7
	65	3.09	2.39	4.04	3.21	75.8	66.6
	70	2.95	2.24	3.87	3.04	74.7	65.5
	20	4.67	3.93	5.44	4.56	85.7	76.4
	25	4.52	3.78	5.36	4.48	84.6	75.3
	30	4.38	3.63	5.26	4.38	83.5	74.3
	35	4.23	3.49	5.16	4.28	82.4	73.2
	40	4.09	3.34	5.05	4.17	81.3	72.1
	45	3.94	3.19	4.93	4.05	80.2	71.0
	50	3.79	3.05	4.80	3.91	79.1	69.9
180	55	3.65	2.90	4.66	3.77	78.0	68.8
	60	3.50	2.75	4.51	3.63	76.9	67.7
	65	3.35	2.61	4.35	3.47	75.8	66.6
	70	3.21	2.46	4.18	3.30	74.7	65.5
	20	4.94	4.15	5.76	4.83	85.7	76.4
	25	4.79	4.00	5.68	4.74	84.6	75.3
	30	4.65	3.86	5.58	4.65	83.5	74.3
	35	4.50	3.71	5.48	4.55	82.4	73.2
	40	4.35	3.56	5.36	4.43	81.3	72.1
	45	4.21	3.42	5.24	4.31	80.2	71.0
185	50	4.06	3.27	5.11	4.18	79.1	69.9
	55	3.91	3.13	4.97	4.04	78.0	68.8
	60	3.77	2.98	4.82	3.89	76.9	67.7
	65	3.62	2.83	4.66	3.73	75.8	66.6
	70	3.47	2.69	4.50	3.56	74.7	65.5
	20	5.21	4.38	6.09	5.10	85.7	76.4
	25	5.07	4.23	6.00	5.02	84.6	75.3
	30	4.92	4.09	5.91	4.92	83.5	74.3
	35	4.78	3.94	5.80	4.82	82.4	73.2
	40	4.63	3.80	5.69	4.71	81.3	72.1
190	45	4.48	3.65	5.57	4.58	80.2	71.0
	50	4.34	3.50	5.44	4.45	79.1	69.9

**MANUAL PARA EL USO Y LA INTERPRETACIÓN
DE LA ESPIROMETRÍA POR EL MÉDICO**

Talla cm	Edad	FEV ₁ L	FEV ₁ LIN	FVC L	FVC LIN	FEV ₁ /FVC %	FEV ₁ /FVC LIN
	55	4.19	3.36	5.30	4.31	78.0	68.8
	60	4.04	3.21	5.15	4.16	76.9	67.7
	65	3.90	3.06	4.99	4.01	75.8	66.6
	70	3.75	2.92	4.82	3.84	74.7	65.5
190	20	5.50	4.62	6.42	5.38	85.7	76.4
	25	5.35	4.47	6.34	5.30	84.6	75.3
	30	5.20	4.33	6.24	5.20	83.5	74.3
	35	5.06	4.18	6.14	5.10	82.4	73.2
	40	4.91	4.03	6.02	4.99	81.3	72.1
	45	4.77	3.89	5.90	4.86	80.2	71.0
	50	4.62	3.74	5.77	4.73	79.1	69.9
	55	4.47	3.59	5.63	4.59	78.0	68.8
	60	4.33	3.45	5.48	4.44	76.9	67.7
	65	4.18	3.30	5.32	4.29	75.8	66.6
	70	4.03	3.15	5.16	4.12	74.7	65.5

LIN es el límite inferior de la normalidad o percentila 5

Fuente. *Manual para el uso de interpretación de la espirometria por el Médico,*
Asociación Latinoamericana del Tórax ALAT. Pérez Padilla Rogelio 2007.

ANEXO N° 5.- PRESION BAROMETRICA DE ACUERDO A NIVELES DE ALTITUD

Altitud (m)	Pbar (mmhg)		1650	626	3400	509
	Estimada altitud	por	1700	622	3450	506
0	760		1750	618	3500	503
50	756		1800	615	3550	500
100	751		1850	611	3600	497
150	747		1900	608	3650	494
200	742		1950	604	3700	491
250	738		2000	600	3750	489
300	734		2050	597	3800	486
350	729		2100	593	3850	483
400	725		2150	590	3900	480
450	721		2200	586	3950	477
500	717		2250	583	4000	474
550	712		2300	580	4050	472
600	708		2350	576	4100	469
650	704		2400	573	4150	466
700	700		2450	569	4200	463
750	696		2500	566	4250	461
800	692		2550	563	4300	458
850	688		2600	559	4350	455
900	684		2650	556	4400	453
950	680		2700	553	4450	450
1000	676		2750	550	4500	447
1050	672		2800	546	4550	445
1100	668		2850	543	4600	442
1150	664		2900	540	4650	439
1200	660		2950	537	4700	437
1250	656		3000	534	4750	434
1300	652		3050	531	4800	432
1350	648		3100	527	4850	429
1400	644		3150	524	4900	427
1450	641		3200	521	4950	424
1500	637		3250	518	5000	422
1550	633		3300	515	5050	
1600	629		3350	512	5100	

Fuente. Manual para el uso e interpretación de la espirometria por el Médico, ALAT 2007. Vásquez García Juan Carlos.

ANEXO Nº 6 .-VALORES DE REFERENCIA ESPIROMETRICA EN 5 GRANDES CIUDADES DE LATINOAMERICA PARA SUJETOS DE 40 O MAS AÑOS DE EDAD. (MEDIA ± DESVIACIÓN ESTÁNDAR)

Variable	VARONES
Edad	55.7 ± 12.2
Talla	167.2 ± 7.2
Peso	71.8 ± 9.7
IMC	25.82
FEV1	3.21±0.73
FVC	4.21± 0.92
FEV1/FVC	76.3±6.8
FET	11.2±3.8

***Fuente.** Pérez Padilla R Et Al. Archivos de Bronconeumología. 2006; 42(7): 317-25 Grupo de trabajo PLATINO.*

FEV1: volumen espiratorio forzado en el primer segundo, FVC: capacidad vital forzada, FET: Tiempo espiratorio promedio.

En la presente tabla se observa que el índice de masa muscular promedio se encuentra en sobrepeso (25.8), y la Capacidad vital forzada promedio se encuentra en 4.21 l/segundo, y el VEF1 segundo se encuentra en 3.21 l/segundo, la relación CVF1/CVF se encuentra en un rango de 76.24 (valor normal).

ANEXO Nº 7.- PROMEDIOS Y DESVIACIONES ESTÁNDAR DE LAS VARIABLES ESTUDIADAS EN POBLACIÓN TRABAJADORA DE SEXO MASCULINO. MÉXICO 1997-1998.

Edad	51±8.5
Talla	163±6
Peso	74±12
FEV1	3.3±0.7
FVC	4.2±0.7
FV1/FVC	79.7±6.5
FET	8.1±2.0

***Fuente.** José Rogelio Pérez Padilla Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias, Departamento de Fisiología respiratoria.*

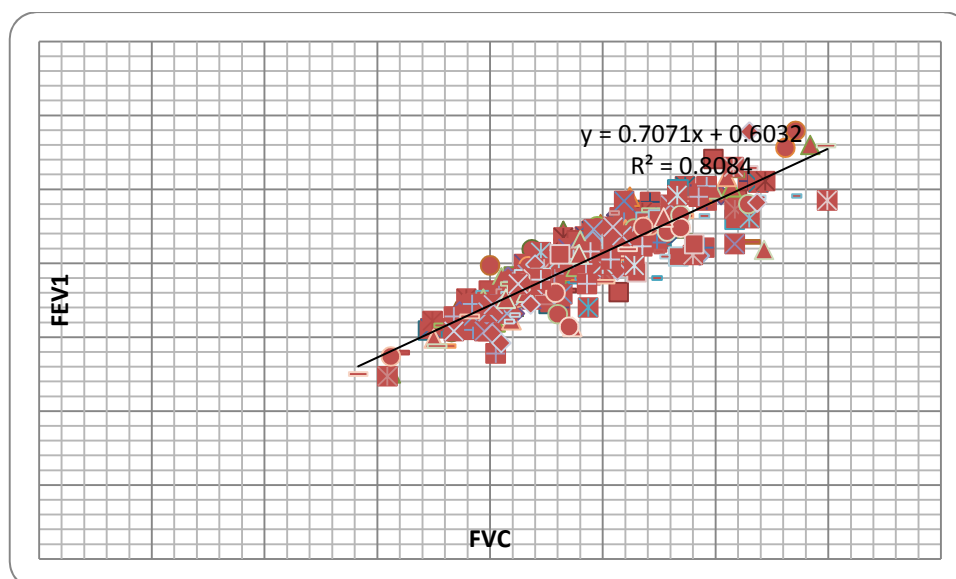
Se observa que los valores de CVF, VEF1 son similares que el cuadro anterior, hay que tener en cuenta que la edad es algo menor ($51 \pm 8.5\%$).

ANEXO Nº 8 .- REFERENCE VALUES FOR FORCED SPIROMETRY IN MALES.

Age yrs.	33±7
Heath cm.	177±7
Weight kg	78±12
FVC L.	5.37±0.83
FEV1.	4.39±0.69
FEV1/FVC%	82±7
PEFR	9.96±2.04

Fuente. J. Roca, F. Burgos, Ph. Quinter, for de group of the European community Respiratory Health Survey. FVC: Forced Vital Capacity, FEV1: Forced Aspiratory volume in one second, PEFR: Peak expiratory flow rate. Resultas are expresad as mean±sd.

Estudio europeo de valores promedios según las variables indicadas, promedio de edad: 33 ± 7 años., Talla 1.77 metros, peso 78 kg., el resultado de la FVC fue de 5.37 litros ± 0.83 , El FEV1 fue de 4.39 litros ± 0.69 , la relación porcentual de FEV1/FVC fue de 82 ± 7 , y el flujo espiratorio pico fue de 9.96 ± 2.04 litros/segundo.



ANEXO N° 9.- CORRELACION PARA LOS VALORES DE FVC Y FEV1 EN SUJETOS QUE LABORAN EN EL COMPLEJO METALURGICO DE LA OROYA (3730 M.S.N.M)

ANEXO N° 10.**CIRCUITOS QUE OPERAN EN EL COMPLEJO METALURGICO:****CIRCUITO DE PLOMO**

El Circuito de Plomo fue diseñado para procesar concentrados polimetálicos con altos contenidos de metales valiosos, provenientes de las diferentes minas nacionales.

Comprende las Plantas de Aglomeración, Ácido Sulfúrico de Plomo, Hornos de Manga, Espumaje, Moldeo y Refinería.

PLANTA DE AGLOMERACION**MÁQUINA DE SINTERIZACIÓN. DOE RUN PERÚ.**

En esta planta los lechos de fusión de plomo son mezclados con sinter fino y alimentados a la máquina de sinterización, para obtener un producto aglomerado (sinter grueso) mediante un proceso de tostación y aglomeración. El producto aglomerado es enviado a la Fundición de plomo para ser tratado en los Hornos de Manga y los gases de SO_2 generados son enviados a la nueva Planta de Ácido Sulfúrico.



ANEXO Nº 11

PLANTA DE ACIDO SULFURICO DE PLOMO

Esta planta, única en Sudamérica diseñada con altos estándares de tecnología, calidad y control, procesa los gases de SO_2 procedentes de la Planta de Aglomeración obteniéndose ácido sulfúrico de 98.5% de pureza. La capacidad es de 115,000 TMA, permitiendo mejorar la calidad de aire. Inició sus operaciones en Setiembre 2008 de acuerdo al compromiso con el PAMA.

EXTRACCION DE PRODUCTOS HORNOS DE PLOMO.

Los gases y polvos generados en el proceso pasan a través de los sistemas colectores de alta eficiencia (bag-house), donde el polvo es recuperado y enviado a los Short Rotary Furnace para su tratamiento. Los Hornos de Manga tienen un sistema de encerramiento y ventilación que han minimizado las emisiones fugitivas.



ANEXO N° 12

HORNOS DE MANGA - PLANTA DE ESPUMAJE

Proceso de decoperizado.- Esta planta posee una batería de ollas donde se recibe el plomo de obra proveniente de los Hornos de Plomo y mediante un proceso piro metalúrgico se separa parte de las impurezas en forma de dross de plomo y a través de un proceso de decoperizado se remueve parte del cobre remanente, obteniéndose plomo bullón que es transferido a la sección de moldeo. El dross de plomo es fundido en el Horno Reverbero donde se recupera plomo de obra y las impurezas son extraídas en el speiss y la mata, que son transferidos al Circuito de Cobre. La Planta de Espumaje tiene

un sistema de encerramiento y ventilación que ha permitido controlar las emisiones fugitivas.



ANEXO Nº 13

ENCERRAMIENTO DE LA FUNDICION DE PLOMO

CIRCUITO DE ZINC.

El circuito de Zinc está diseñado principalmente para procesar concentrados provenientes de la Región Central del país. Comprende las plantas de Preparación de Concentrados, Tostación de zinc (Tostador Lurgi), Ácido Sulfúrico, Lixiviación, Polvo de Zinc, Purificación, Electrodeposición, Moldeo y Despacho, Zileret, Hidrometalurgia, Indio, Sulfato de Zinc y Planta de Flotación de ferritas.

Con la finalidad de mejorar la calidad del aire de La Oroya, a partir de enero del 2005 se desactivaron 3 tostadores de zinc para reducir la emisión de SO_2 y material particulado. Actualmente sólo opera el tostador Lurgi cuyos gases son tratados en una Planta de Ácido Sulfúrico.

Tostación de zinc:

Esta planta procesa la mezcla de concentrados de zinc en un Tostador Lurgi de lecho fluidizado (TLR) para la obtención de calcina (ZnO) que es enviada a la planta de lixiviación. Los gases generados conteniendo SO_2 se envían a la planta de ácido sulfúrico.